Elettronica e telecomunicazioni

Anno LVI
Numero 1
Aprile 2007

Editoriale

Collaborazione più stretta fra i Centri di Ricerca delle TV pubbliche europee e giapponesi

Il DVB-H e la TV Mobile: nuovi contenuti per nuove modalità di fruizione

Tecniche per la visione stereoscopica

La civiltà elettrica nel 2000

(riproduzione dell'editoriale del Radiorario del 1926)

Edizione ottimizzata per la stampa.
La rivista è disponibile su web
alla URL www.crit.rai.it/eletel.htm

Anno LVI
N° 1
Aprile 2007

Rivista quadrimestrale a cura della Rai

Direttore responsabile
Gianfranco Barbieri

Indice

Editoriale

ing. Gianfranco **Barbieri**
Direttore di
"Elettronica e
Telecomunicazioni"

Il comunicato sull'accordo di collaborazione fra vari Centri di Ricerca, che apre l'attuale numero della rivista, potrebbe essere letto, a prima vista, come una delle tante notizie che caratterizzano il dinamismo degli attori che dell' era della globalizzazione. In realtà, l'accordo sottoscritto da RAI, BBC, IRT, NHK ha una valenza che va ben al di là di un semplice rapporto di collaborazione tra Enti impegnati nel mantenere elevato il profilo tecnologico delle rispettive aziende. Verso la metà degli anni '50, quando la televisione cominciava ad entrare nelle case degli utenti come soggetto costituente la massima evoluzione di sistema in rapporto alle tecnologie "consumer" allora esistenti, l'industria europea del settore (ed in particolare quella italiana) non si era ancora sufficientemente ripresa dall'indebolimento subito negli anni della guerra; gli enti pubblici di radiodiffusione, allora non assillati da ristrettezze di bilancio, potevano invece mettere a disposizione risorse finanziarie per sostenere la ricerca e l'innovazione. Per molti anni furono i Centri di Ricerca della RAI, dei radiodiffusori tedeschi (IRT) e francesi (CCETT), della BBC (a cui si aggiunse in seguito quello dell'IBA-Independent Broadcasting Authority) che, sotto il coordinamento dell'EBU, gestirono l'evoluzione del sistema radiotelevisivo, fungendo da traino e supporto per le rispettive industrie nazionali. Le vicende dell' ultimo decennio hanno profondamente mutato il quadro; la complessità dei processi tecnologici che stanno alla base degli attuali prodotti consumer e la necessità di mettere in campo enormi risorse finanziarie hanno fatto progressivamente spostare il baricentro della ricerca e sviluppo verso i colossi dell'elettronica e dell'informatica. Per contro, avendo l'evoluzione tecnologica un pesante impatto sull'evoluzione dei servizi, i grandi radiodiffusori non possono restare ai margini del processo evolutivo; ne deriva l'esigenza di compiere un grande sforzo in termini di risorse umane e adeguatezza di mezzi per mantenere elevato il profilo del proprio know-how. La rinnovata collaborazione tra i principali Centri di Ricerca dei radiodiffusori pubblici europei e quello della giapponese NHK rappresenta un notevole evento sinergico che non potrà che avere benefiche ricadute in termini di condivisione delle conoscenze e delle risorse.

Restando in tema di innovazione dei servizi, il Centro Ricerche della RAI è tutt'ora attivamente impegnato su due temi destinati a rivoluzionare l'erogazione dei servizi: la TV Mobile e la TV Stereoscopica. L'articolo "Il DVB-H e la TV Mobile" riporta i risultati di un'indagine tendente a valutare l'impatto di questo mezzo su due fronti, i contenuti e le modalità di fruizione da parte degli utenti; l'indagine ha confermato che l'appeal della TV Mobile sarà costituito non tanto dalle diffusione dei programmi convenzionali , bensì dalla possibilità di offrire una televisione "personale". L'articolo "Tecniche per la visione stereoscopica" fa seguito ad una serie di contributi già pubblicati su questa rivista; le maggiori problematiche che questa tecnologia presenta sono ancora dovute alle metodologie di visualizzazione delle immagini e nell'articolo in oggetto viene compiuta una disamina a tutto campo degli strumenti disponibili.

Da segnalare e ….leggere con particolare interesse le profezie sullo stato della tecnologia negli anni 2000 fatte ottanta anni fa dall'Ing. De Florentiis. L'articolo "La civiltà elettrica del 2000" è la ristampa di un Redazionale del Radiolario, la guida dei programmi radiofonici, pubblicato nel Luglio 1926.

Collaborazione più stretta fra i Centri di Ricerca delle TV pubbliche in Europa e in Giappone

Tre sono i centri per la ricerca e l'innovazione tecnologica che collaborano attivamente nell'ambito dell'organizzazione che raggruppa le televisioni pubbliche europee EBU per sviluppare e favorire l'impiego ottimale delle tecnologie alla base della rapida evoluzione dei sistemi di diffusione multimediale. Queste istituzioni sono, oltre il Centro Ricerche della Rai, l'IRT a supporto dei radiodiffusori operanti nei paesi di lingua tedesca e il Centro Ricerche della BBC in Gran Bretagna.

Nel passato questi centri di ricerca hanno collaborato con il Laboratorio della televisione pubblica giapponese (NHK) e nel mese di febbraio è stato formalizzato un accordo specifico atto ad incrementare la collaborazione e facilitare la condivisione delle conoscenze e delle risorse, con il fine di ottenere la massima efficienza nel campo della ricerca.

L'accordo è stato firmato a Tokyo dal Dr. Tanioka (direttore di NHK STRL , Science and Technology Research Laboratory), Dr Klaus Illgner (direttore dell'IRT, Institut für Rundfunk Technik a Monaco in Germania), Huw Williams (direttore della ricerca in BBC) e Alberto Morello (direttore del Centro Ricerche della Rai, a Torino) alla presenza di Phil Laven (director del Dipartimento Tecnico EBU, a Ginevra).

La firma dell'accordo di collaborazione (da sinistra: Klaus Illgner, Alberto Morello, Huw Williams, Tanioka, Phil Laven)

Il DVB-H e la TV Mobile: nuovi contenuti per nuove modalità di fruizione

ing. Gino **Alberico**[1],
ing. Paolo **Casagranda**[1],
Chiara **Migliardi**[2]

[1]**Rai**
Centro Ricerche e InnovazioneTecnologica
Torino

[2]Laureata in Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di Comunicazione presso il **Politecnico di Torino**

Sommario
La tecnologia DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld) permette la ricezione di programmi TV su terminali portatili in modalità broadcast, superando molte problematiche insite nell'utilizzo di reti cellulari per la TV mobile. La crescente maturità della tecnologia sposta ora l'attenzione verso i nuovi servizi e contenuti che il nuovo mezzo di comunicazione potrà convogliare. Il seguente articolo descrive la ricerca sociologica sulla TV Mobile svoltasi nel 2006 presso il Centro Ricerche Rai.

1. Introduzione

La TV Mobile su DVB-H si sta diffondendo velocemente non solo in tutta Europa, dove è nata grazie ai gruppi ad hoc del DVB, ma anche nel resto del mondo (USA, Australia e Russia hanno pianificato per l'inizio di quest'anno il lancio del servizio commerciale). L'adozione dello standard su larga scala ha permesso l'inizio di due fasi: una di raffinamento delle specifiche (vedi ad esempio [1-5]), per includere casi reali non del tutto formalizzati all'inizio della standardizzazione, e una di convergenza delle piattaforme attualmente in uso verso uno standard unico, come recentemente auspicato anche dal Commissario Europeo per la Società dell'Informazione e i Media Viviane Reding (vedi [6]). Questo pone anche il DVB-H in vantaggio probabilmente decisivo rispetto alle tecnologie concorrenti (T-DMB e MediaFLO di Qualcomm).

La veloce espansione della tecnologia DVB-H, con l'Italia in prima posizione sia per lancio dei servizi commerciali sia per know-how sul campo, ha aperto nuove questioni, legate tanto alla fruizione di questa TV Mobile o Personale ed ai contenuti, quanto ai possibili modelli di business.

In questa cornice si inserisce la sperimentazione DVB-H del Centro Ricerche che, a partire dalla fine del 2005, ha avviato il servizio utilizzando la piattaforma tecnologica fornita da Nokia, e attuando la copertura della città di Torino con una rete di due trasmettitori (TO-Eremo e TO-Cernaia) sul canale 29-UHF (vedi anche [7-8]).

Nell'ambito della sperimentazione, è stata effettuata, durante i mesi di Maggio e Giugno 2006, un'indagine sociologica sulla TV Mobile, portata a termine grazie al contributo di un gruppo di studenti di Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di

Comunicazione. L'analisi intendeva comprendere gli impatti di questo mezzo di comunicazione su due fronti, i contenuti e le modalità di fruizione da parte degli utenti. Sono stati poi presi in considerazione anche alcuni fattori economici, data una loro possibile influenza sugli aspetti appena menzionati.

L'analisi ha avuto quindi un carattere più sociologico che tecnologico, e si è concentrata maggiormente sui contenuti e sul mezzo di comunicazione.

2. La sperimentazione DVB-H a Torino

I primi test sulla tecnologia DVB-H a Torino con trasmissioni live vengono eseguiti alla fine del 2004, senza un handheld compatibile con lo standard, ma utilizzando ricevitori prototipali della ditta DibCom connessi ad un PC per ricevere i dati trasmessi. Il protocollo FLUTE non era stato ancora scelto dalla Call for Technologies del gruppo ad hoc TM-CBMS, e veniva quindi usato il BTFTP, creato al Centro Ricerche per i test di data-broadcasting su DVB.

Verso la fine del 2005 Rai si dota della piattaforma DVB-H Nokia, la prima disponibile per i trial tecnologici e commerciali, e iniziano le trasmissioni di 7 canali televisivi e 6 canali radiofonici sull'area di Torino. La sperimentazione prevede l'assegnazione a 50 utenti interni residenti nell'area di Torino ed escludendo i tecnici esperti della tecnologia che deve essere valutata, di un telefono Nokia 7710 con ricevitore DVB-H SU-22. Tutti i dati di visione vengono registrati grazie ai file di log inviati dai telefoni ai Server del Centro Ricerche.

A Febbraio 2006 iniziano le Olimpiadi Invernali, e Rai attiva sul canale sperimentale UHF 29 la modulazione gerarchica, trasmettendo sia il bouquet con i canali di TV Mobile su DVB-H (in alta priorità) sia l'HDTV codificata in H.264 (in bassa priorità, vedi [7]). Viene avviata così una sperimentazione innovativa, descritta ad IBC2006 e giudicata meritevole di competere come finalista al più prestigioso dei suoi riconoscimenti, il Judges' Award [8].

Intanto piattaforme e terminali per la TV Mobile evolvono, e la sperimentazione a Torino viene allargata includendo i terminali Nokia N92 e LG KU950, che supportano entrambi il formato H.264 e presentano un grado di maturità tecnologica molto più elevato e una user experience decisamente migliore.

Glossario	
AAC	Advanced Audio Coding, formato di codifica audio, parte 7 della specifica di MPEG-2 ISO/IEC 13818
AMR-WB	Adaptive Multi Rate Wide Band, formato di codifica audio, Raccomandazione ITU-T G.722.2
BTFTP	Broadcast Trivial File Transfer Protocol, proposta del Centro Ricerche Rai per il trasporto di file su canale unidirezionale, draft RFC (Request For Comment) della IETF (Internet Engineering Task Force)
DVB	Digital Video Broadcasting, consorzio nato in Europa per la creazione di standard televisivi e di trasmissione dati globali. Da qui nascono, tra gli altri, lo standard DVB-H per la TV Mobile, il DVB-T per la televisione digitale terrestre
CBMS	Convergence of Broadcast and Mobile Services, il gruppo ad hoc del modulo tecnico del consorzio DVB che si è occupato di standardizzare i protocolli per IP Datacasting e TV Mobile su DVB-H
FLUTE	File Delivery over Unidirectional Transport Protocol, protocollo per il trasporto di file su canale unidirezionale, scelto dal gruppo TM-CBMS per la TV Mobile su DVB-H
H.263	Raccomandazione ITU-T H.263, formato nato per videoconferenze e videofonia, specialmente adatto per i bassi bitrate
H.264	detto anche AVC o MPEG-4 Part 10, descritto nel documento ISO/IEC 14496-10: formato di compressione video ad elevata efficienza
QCIF	Quarter Common Interchange Format (formato corrispondente ad una risoluzione di 176x144 pixel)

Fig. 1 – Il terminale Nokia 7710 con il ricevitore SU-22.

3. Strutturazione dell'indagine sociologica

L'indagine sociologica è stata compiuta grazie ad un panel di utenti di Ingegneria che hanno sperimentato il servizio di TV Mobile trasmesso sull'area di Torino. Il target di riferimento, costituito dagli studenti selezionati, ha ricevuto il terminale Nokia 7710 con il ricevitore DVB-H per tutto il periodo della ricerca. Ogni studente ha poi risposto ad un questionario e ha partecipato ad un focus group sul servizio. I risultati sono stati confrontati, dove ciò sia utile, con i dati emersi durante la ricerca sulla TV Mobile svoltasi con l'aiuto di 50 utenti interni Rai dalla fine del 2005 all'inizio del 2006. In questo caso, i dati sono stati presi direttamente dai log che i terminali degli utenti inviavano ad un Server del Centro Ricerche.

Di seguito esaminiamo nello specifico i punti menzionati.

3.1 Il target

La ricerca si è valsa del contributo di un panel di venticinque studenti della facoltà di Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di Comunicazione del Politecnico di Torino. Si tratta di un panel abituato ad usare strumenti tecnologici, PC e cellulari, e con una buona conoscenza delle dinamiche dei mezzi di comunicazione. Ciò, se da un lato rende il campione non rappresentativo, da un altro consente di avere riscontri e contributi alla discussione più utili e significativi grazie alla giovane età dei partecipanti ed al loro interesse per le nuove tecnologie.

L'area coperta dal segnale si estendeva alla città di Torino ed a parti della tangenziale: tutti gli studenti del panel risiedevano in quest'area.

3.2 Il terminale utilizzato

Durante la ricerca è stato distribuito a tutti gli studenti un Nokia 7710 completo di un ricevitore DVB-H SU-22 (figura 1).

Questo terminale non è stato sviluppato esclusivamente per la TV Mobile, ma grazie allo schermo ampio (640x320 pixel) si prestava molto bene a questo tipo di test: non a caso è stato già utilizzato in altri Paesi per la sperimentazione della TV Mobile. Il formato dei servizi televisivi distribuiti è stato QCIF H.263 per il video e AMR-WB per l'audio. Le radio invece sono state codificate in formato AAC.

3.3 I contenuti

Durante la sperimentazione Rai è stato proposto un bouquet di canali comprendente una selezione della programmazione Rai (figura 2), ovvero i tre canali generalisti RaiUno, RaiDue, RaiTre, e alcuni canali disponibili su piattaforma digitale terrestre: Rai24News, RaiFutura e RaiSport. Inoltre, è stato inserito un canale di nuova concezione, Rai Mobile, i cui contenuti sono stati realizzati appositamente per una fruizione su terminale mobile, tenendo conto del limitato tempo e livello di attenzione dovuto alle modalità di fruizione. Il canale, realizzato da RaiNet, prevede la proposta di diversi generi in funzione delle diverse fasce della giornata, e delle conseguenti diverse esigenze: ad esempio, alla mattina vengono trasmessi news, traffico e meteo; all'ora di pranzo, intrattenimento e lifestyle.

In aggiunta ai canali televisivi, nell'offerta sono stati inseriti anche i canali radiofonici: Radio1, Radio2, Radio3, IsoRadio, GR Parlamento e Filodiffusione5. Tutti i contenuti erano trasmes-

Fig. 2 – Programmazione radiotelevisiva utilizzata durante la sperimentazione.

si in modalità cifrata, e richiedevano da parte dell'utente la sottoscrizione del servizio scelto tramite l'invio di un SMS. Trattandosi di sperimentazione, l'accesso a tutti i contenuti era gratuito, e i pagamenti indicati negli SMS erano puramente fittizi.

3.4 Il periodo di prova

La durata della sperimentazione è stata di tre settimane. I soggetti coinvolti sono stati contattati tramite e-mail e successivamente in via diretta, cioè apponendo un avviso preventivo di spiegazione del progetto e incontrandoli di persona. E' stato organizzato un incontro durante il quale gli studenti hanno preso possesso del terminale Nokia 7710 e sono stati istruiti sul suo funzionamento e sull'offerta di servizi della TV Mobile.

Durante il periodo di utilizzo del Nokia 7710, gli studenti potevano tenersi in contatto email con i responsabili del progetto, che svolgevano il compito di risolvere eventuali problemi tecnici, difficoltà, o inviavano comunicazioni di servizio riguardo la trasmissione del segnale.

Il giorno 28 giugno 2006 gli studenti si sono recati alla sede del Centro Ricerche per restituire il cellulare e per la compilazione di un questionario. Il giorno successivo, il 29 giugno 2006, si sono svolti i focus group, organizzati tramite preventiva consultazione telefonica con gli studenti.

3.5 Il questionario

Al termine del periodo di prova, a ciascun utente è stato somministrato un questionario. I quesiti del questionario sono stati divisi in cinque macro-aree tematiche: la prima riguarda il mezzo, ovvero il cellulare Nokia 7710 e le sue funzionalità; la seconda il servizio di TV Mobile, analizzato da un punto di vista tecnico e di modalità di fruizione; la terza tratta dei contenuti offerti dal servizio, ovvero dei programmi trasmessi. La quarta parte si concentra sul lato economico, mentre la quinta ed ultima area intende indagare la futura disponibilità dell'utente a ricorrere nuovamente al servizio.

3.6 I focus group

Tutti gli utenti del panel sono stati poi intervistati durante i focus group, per completare e raffinare le informazioni rilevate nei questionari. Le domande sono state fatte in un gruppo interattivo, in cui i partecipanti erano liberi di comunicare con altri membri del gruppo.

In questo caso specifico, lo scopo è stato sondare più in profondità l'atteggiamento e la predisposizione nei confronti del nuovo servizio di TV Mobile, dando la possibilità di esprimersi senza i vincoli imposti dalla domanda a risposta multipla.

I focus group organizzati sono stati cinque, ognuno comprendente cinque studenti. Gli studenti hanno risposto alle domande poste da due intervistatori, e hanno avuto la possibilità di confrontarsi direttamente l'uno con l'altro, discutendo, esponendo le proprie idee e ascoltando quelle degli altri. La durata di ciascuna intervista variava dai 30 minuti a oltre un'ora.

Fig. 3 – Quante volte alla settimana hai utilizzato il servizio TV Mobile?

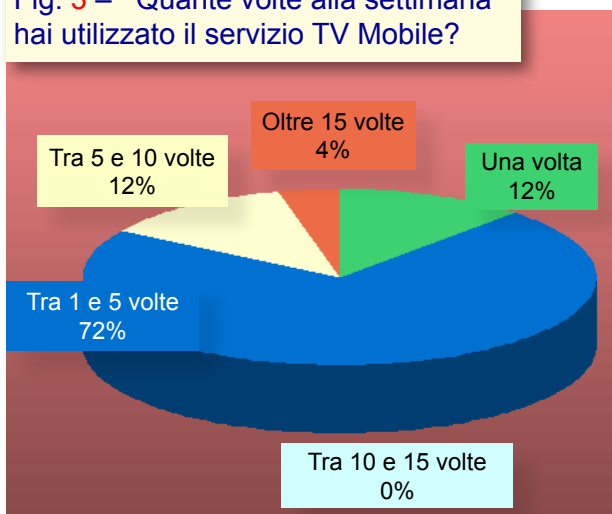
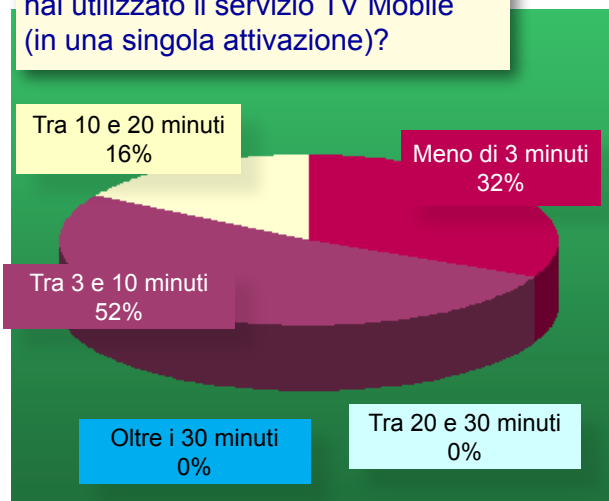



Fig. 4 – Per quanto tempo al giorno hai utilizzato il servizio TV Mobile (in una singola attivazione)?

4. Risultati dell'indagine

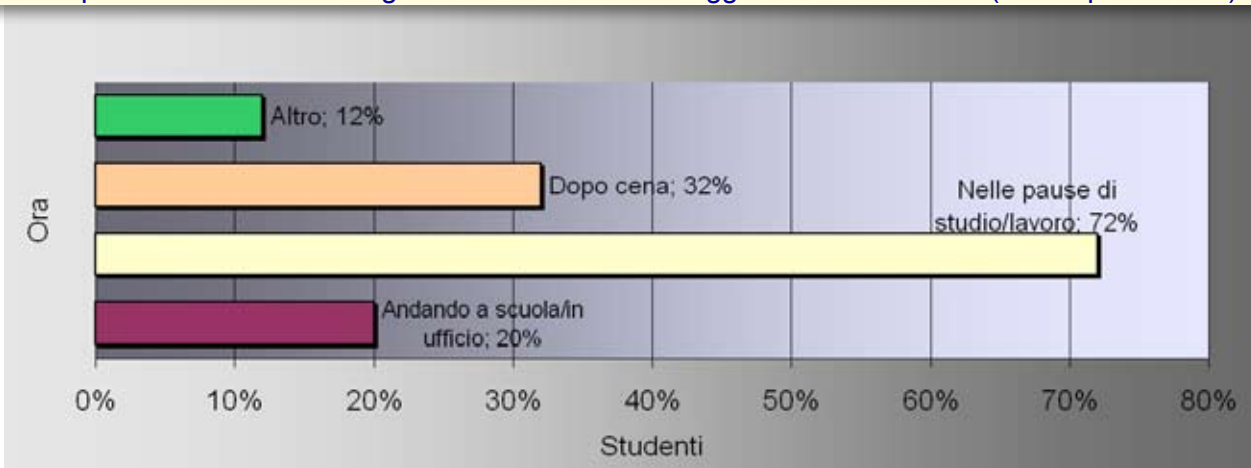
Questionari e focus group hanno fornito molti dati interessanti, esposti in parte nel seguito. Quando ritenuto utile, utile sono stati incrociati i dati della ricerca sociologica con quelli rilevati sul panel di utenti interni Rai.

4.1 Tempi di utilizzo

Dalle risposte del panel risulta che la TV Mobile, pur molto utilizzata, si posiziona dopo le chiamate telefoniche, e nettamente al di sotto dell'uso della messaggistica - e questo nonostante l'effetto novità sul panel. Tale risultato è in sintonia con ciò che è emerso da molte altre analisi (più diffuse): la TV Mobile viene percepita come un servizio aggiuntivo (di comodità) e la funzione primaria dello smartphone resta la comunicazione vocale e per SMS.

E' necessario tuttavia tenere conto della natura sperimentale del servizio: molti studenti hanno riscontrato nell'arco delle tre settimane problemi nell'utilizzare il terminale, dovuti non solo alle caratteristiche prototipali di quest'ultimo, ma anche alla copertura del segnale su Torino, in alcune zone molto critica.

Analizzando il numero di utilizzi settimanali della TV Mobile, notiamo che la grande maggioranza ne ha fatto un uso sporadico (figura 3).

Fig. 5 – In quali momenti della tua giornata hai utilizzato maggiormente il servizio (max 2 preferenze)?

I tempi di attivazione sono stati abbastanza brevi (figura 4), per il 68% sotto i 20 minuti, chiaro indizio dell'utilizzo della TV Mobile da parte del target come "snack TV", ovvero con intervalli di visione molto brevi. La sperimentazione con il panel di utenti interni accentua questa interpretazione, poiché la media del tempo di visione (escludendo lo "zapping") è stata di 6 minuti.

Questo dato è anche confermato dalle risposte al quesito sul momento della giornata in cui è stato maggiormente utilizzato il servizio (figura 5): il 72% del target ha indicato le pause di studio o di lavoro. Esaminando nel dettaglio gli orari di utilizzo, emerge anche la fascia oraria tra le 8:00 e le 10:00 e quella tra le 18:00 e le 20:00: inizio e fine della giornata di studio / lavoro. Durante il precedente trial con un panel di utenti interni Rai, la fascia oraria dalle 17:00 alle 21:00 era risultata in assoluto la fascia preferita per consultare la TV Mobile, con un picco dalle 19:00 alle 20:00. Il servizio di TV Mobile quindi si sovrappone solo marginalmente agli orari soliti di visione della TV classica, e con modalità di fruizione diverse. Inoltre la maggior parte del target ha fruito della TV Mobile individualmente, confermando la sua vocazione di TV personale.

Particolarmente interessante è notare come la caratteristica più apprezzata del servizio TV Mobile sia stata la possibilità di fruirne in qualsiasi momento e luogo (64%, vedi figura 6). Da notare anche che non vi è stato alcun apprezzamento particolare per i contenuti disponibili, ritenuti, come i focus group confermeranno, inadatti alla fruizione di questo servizio: questo aspetto è molto significativo ed è stato approfondito nei focus group. Sono emerse diverse considerazioni importanti: alcuni degli intervistati hanno osservato come i canali trasmessi, gli stessi della televisione generalista, affiancati da alcuni programmi appartenenti alla piattaforma digitale terrestre, siano inadatti al nuovo mezzo per diversi motivi. E' stato osservato come le inquadrature siano eseguite troppo da lontano per una fruizione su uno schermo tanto piccolo quale quello del terminale Nokia. Un altro ostacolo per una piacevole visione della TV mobile viene rilevato nella durata dei programmi: quasi tutti gli studenti hanno lamentato l'impossibilità di vedere un trasmissione dall'inizio alla fine. Il tempo a loro disposizione infatti era insufficiente: il più delle volte si trattava di un intervallo tra un'attività e l'altra, dell'ordine di pochi minuti, in genere brevi momenti tra una lezione e l'altra, o durante il viaggio in pullman per recarsi all'università o, infine, al ritorno. Per alcuni addirittura rappresentava il lasso di tempo in cui si spostavano a piedi. Quindi nell'ottica di produrre o adattare programmi televisivi alla TV Mobile, inquadrature e durata dei programmi o degli episodi dovrebbero essere sicuramente rivisti. Altri studi descrivono osservazioni analoghe (cfr. [10]), evidenziando che nel caso della TV Mobile l'attenzione dello spettatore potrebbe essere più limitata rispetto alla TV tradizionale: ciò significa che il baricentro si dovrebbe spostare sempre più verso lo "spettacolo visivo" a discapito della profondità o complessità del discorso, almeno per i generi di intrattenimento (si veda anche [12-13]).

Fig. 6 – Del servizio TV Mobile hai apprezzato particolarmente...

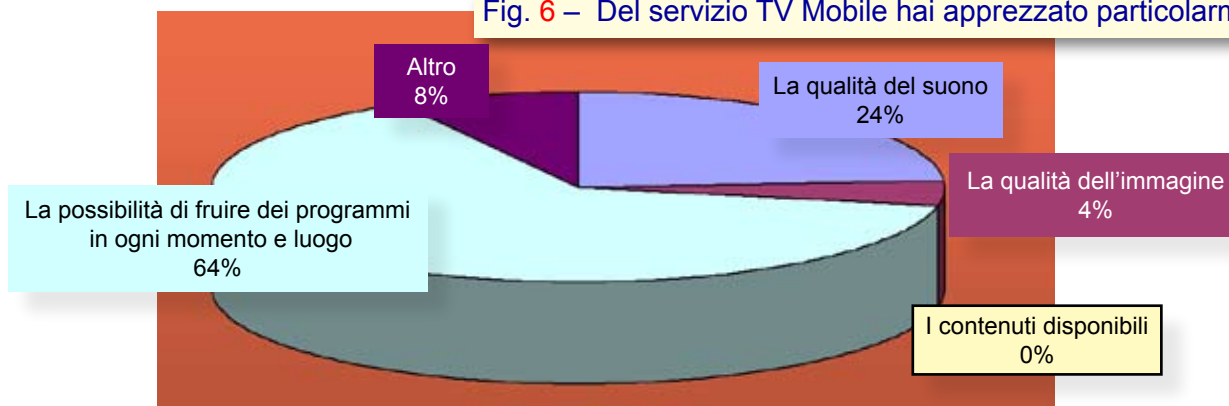
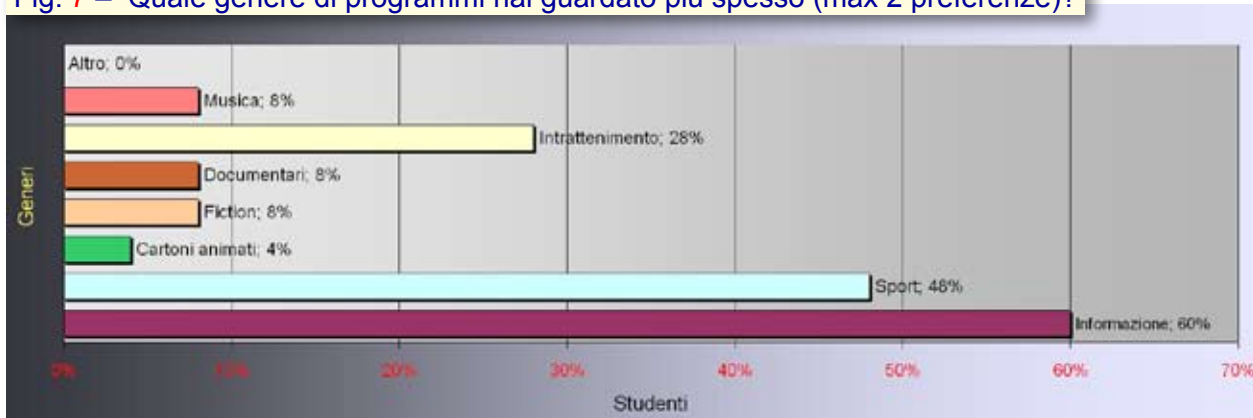



Fig. 7 – Quale genere di programmi hai guardato più spesso (max 2 preferenze)?

Vi è stato però un canale che ha riscontrato il favore di buona parte degli intervistati: RaiMobile, il canale studiato appositamente per la TV mobile. Formato da sketch di breve durata (tra i dieci e i venti minuti circa) e da programmi di intrattenimento, è risultato molto apprezzato dagli studenti.

Più volte è apparsa una certa favorevole propensione per l'idea di un "blog video", ovvero la possibilità di condividere con gli amici i video personali girati con i propri cellulari, o dei filmini scaricati precedentemente.

4.2 Quali contenuti

Entrando nel merito dei contenuti guardati più spesso, informazione e sport (figura 7) sembrano essere i preferiti. Questo dato coincide parzialmente anche con i risultati del test rivolto ad utenti interni e svoltosi alla fine dell'anno precedente: RaiNews24 è stato il primo canale tematico selezionato dagli utenti (seguito da RaiSport); in quel caso i canali RaiUno, RaiDue e RaiTre erano stati i più selezionati in assoluto; si deve però notare che il panel di utenti interni probabilmente apparteneva ad un'altra fascia d'età (in media intorno ai 45 anni).

Prendendo in considerazione anche i dettagli sulle fasce orarie in cui i diversi contenuti erano selezionati, si nota che le varie categorie di contenuti riscontrano diverso successo in base alla fascia oraria nella quale si collocano. In previsione di una maggiore strutturazione ed adattamento al mezzo dei programmi, gli studenti hanno scelto quali fra di essi avrebbero desiderato guardare al mattino, nei momenti di pausa ed alla sera. Si osserva così come l'informazione sia al primo posto per il mattino (68%), per poi

Fig. 8 – Interazione con il programma: saresti più interessato a:

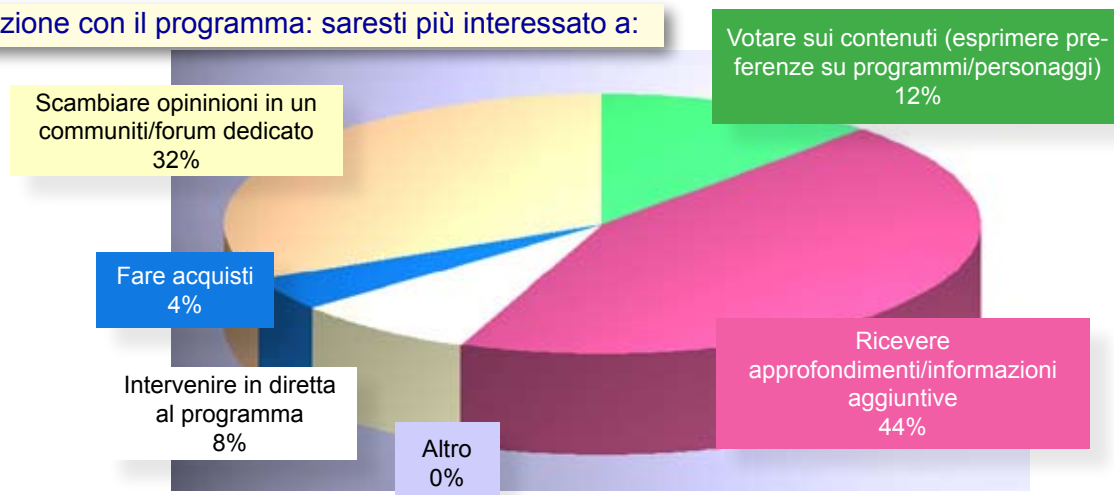
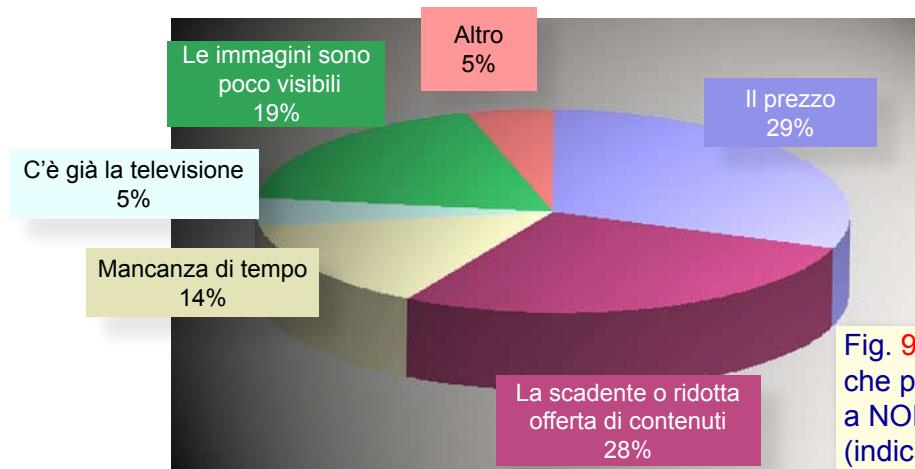



Fig. 9 – Quali sarebbero i motivi che potrebbero portanti a NON adottare il servizio? (indicarne al massimo due)

scendere a valori più bassi per i momenti di pausa (28%) e la sera (16%). Lo sport invece varia di poco, passando dal 12% nelle ore del mattino al 24% di quelle di pausa, con una valore di mezzo per la sera(20%). La fiction è il genere preferito per la sera (28%), seconda soltanto all'intrattenimento (48%). I programmi di musica riscuotono un buon successo, soprattutto al mattino (40%) e nei momenti di pausa (52%). I documentari risultano invece ricevere scarso interesse.

Un approfondimento ulteriore è stato sondare l'interesse verso possibili servizi interattivi da utilizzare in concomitanza con la TV Mobile. Il risultato è stato piuttosto sorprendente: ben il 72% del target si è detto interessato ad interagire con il programma trasmesso. Entrando in seguito nel dettaglio dei tipi di interazione (figura 8), gli approfondimenti (informazioni collegate ad una news appena ascoltata, la biografia di un personaggio, ecc.) e lo scambio di opinioni in una community risultano le interazioni più desiderate.

4.3 Disponibilità all'acquisto

Interessante, infine, la descrizione dei fattori che condizionerebbero la possibile sottoscrizione (o meno) del servizio. Tra i motivi che condizionano negativamente l'adozione del servizio TV Mobile, ai primi posti si posizionano il prezzo e la qualità dei contenuti, che se scadente o ridotta penalizzerebbe in modo determinante la scelta.

Fig. 10 – Quale è il motivo principale che potrebbe spingerti ad adottare il servizio?

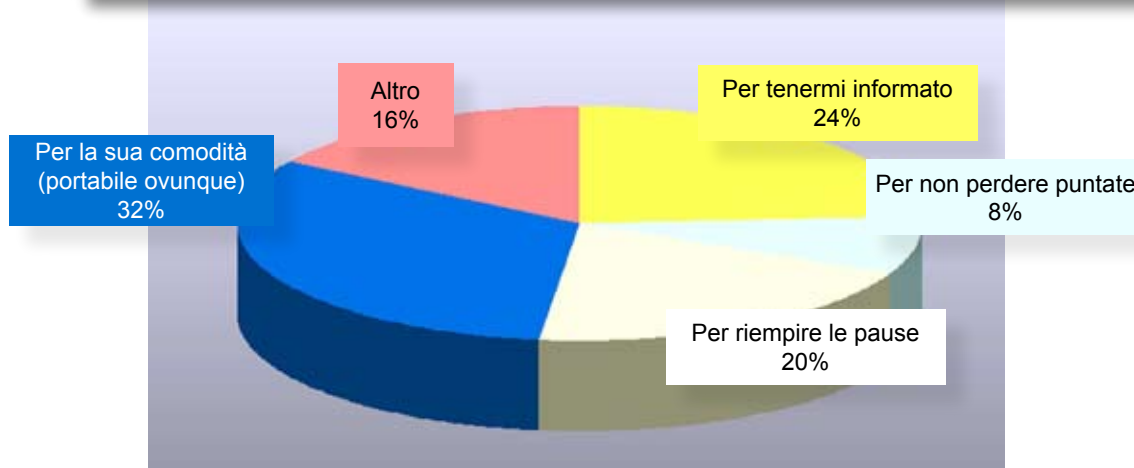
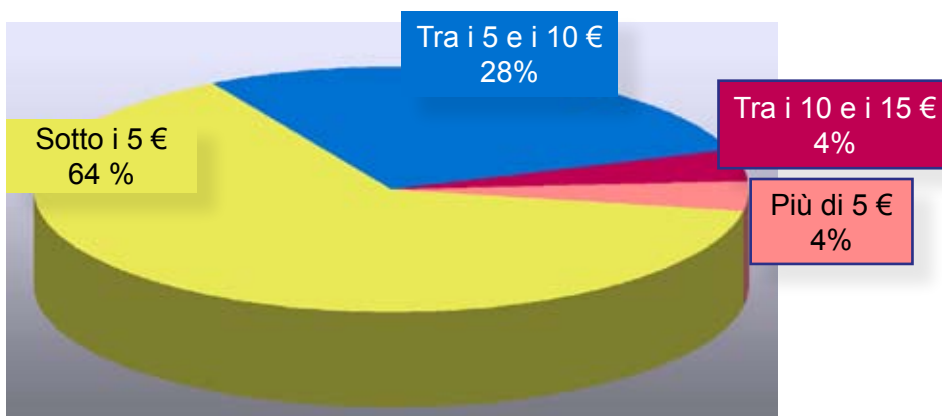



Fig. 11 – Quanto saresti disposto a pagare, mensilmente, per usufruire del servizio TV Mobile?

Una possibile adozione del servizio è invece condizionata positivamente dalla natura stessa della TV Mobile: è comoda, l'utente può portarla ovunque con sé perché integrata in un oggetto di uso quotidiano (figura 10).

Con il questionario si è cercato anche di quantificare la disponibilità all'acquisto e il tipo di tariffa preferito dal target. Interrogati sul tipo di tariffa, gli studenti hanno risposto in netta maggioranza (68%) di preferire un canone fisso mensile che desse accesso a tutti i servizi, e una parte di loro (20%) sarebbe disposta a pagare ad evento (partita di calcio, film, video musicale…).

Posto come scelta l'abbonamento mensile, la cifra che sembra aver ricevuto più consenso è quella che colloca il limite massimo a 5 euro (figura 11): il 64% del campione ha operato una scelta in tale direzione, mentre il 28% sarebbe disposto ad arrivare anche ai 10 euro. Soltanto il 4%, come si osserva dalla figura 11, sarebbe disposto a pagare tra i 10 e i 15 euro o più di 15 euro.

Quindi il costo del servizio si rivela determinante e le soglie di accettazione abbastanza basse (visti i canoni attuali applicati ai servizi di TV Mobile).

5. Conclusioni

I risultati che si possono trarre dallo svolgimento del questionario e dei focus group confermano il tradizionale atteggiamento che si ha nei confronti di ogni nuova tecnologia. La televisione Mobile suscita molta curiosità, ma allo stesso tempo anche molte perplessità e indecisioni: il panel di studenti (come anche il panel di utenti interni Rai dei mesi precedenti) ha fatto un uso piuttosto ridotto del servizio, limitato a pochi minuti di visione al giorno. Al termine della sperimentazione, tutti hanno espresso riserve sulla possibilità di acquistarlo in futuro, e anche chi si à dimostrato particolarmente interessato, ha posto determinate condizioni. E' da evidenziare a questo proposito che all'inizio della ricerca qui presentata non esistevano ancora servizi commerciali di TV Mobile su DVB-H, e il terminale utilizzato costituiva un prototipo con scopo sperimentale e dimostrativo. D'altra parte, le limitazioni del terminale (grandezza, stabilità, qualità del video) e in qualche caso della copertura cittadina hanno influenzato, come si è riscontrato durante i focus group, in maniera sensibile le valutazioni sulla disponibilità all'acquisto. La user experience sarebbe stata con i terminali odierni certamente diversa.

Sembra che uno degli aspetti importanti nel nuovo mezzo di comunicazione sia la personalizzazione a tutti i livelli: essa diventa elemento essenziale e indispensabile al successo di una

tecnologia al servizio della comunicazione e dell'informazione quale è la TV mobile. Con ciò non si intende più soltanto poter scegliere un colore o una suoneria allo scopo di differenziarsi dagli altri, ma la possibilità di arricchire il proprio bagaglio culturale e la propria personalità, diventando "autore" del programma e di ciò che si sta guardando, in svariati modi. Questo desiderio si esprime sia nell'interesse per le diverse forme di interattività, prime fra tutte l'opportunità di avere informazioni aggiuntive e di modificare il palinsesto mediante il voto, sia dalla possibilità di realizzare opere personali (come video e filmini) da poter poi condividere con altri.

In questa ottica la vera chiave della televisione mobile, in ogni caso, non sarà la semplice diffusione dei programmi ai quali la televisione domestica ha abituato, bensì la possibilità di offrire una televisione "personale". Questo non è secondario all'operazione di ripensare i formati dei programmi (contenuti brevi ed avvincenti, assenza di piani americani, predominanza degli aspetti di spettacolo visivo sulla complessità della scena) in modo da renderli adatti ad una perfetta fruizione su telefono. Come nota Manuel Castells, capovolgendo apparentemente la massima di McLuhan, ([12],[14]) grazie alla crescente proliferazione di mezzi di comunicazione diversi tra loro, si può affermare che è il messaggio che seleziona, e in questo senso plasma, il mezzo adatto alla sua fruizione, e le esigenze crescenti di personalizzazione, decentralizzazione e diversificazione sono in qualche modo confluite nella TV su cellulare, dove sembra abbiano trovato la migliore espressione per completare appieno quel tipo di messaggio.

Bibliografia

1. "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals", ETSI EN 302 304 V1.1.1, Novembre 2004.
2. "Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines", ETSI TR 102 377 V1.2.1, Novembre 2005.
3. "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to Handheld Terminals (DVB-H); Validation Task Force Report", ETSI TR 102 401 V1.1.1, Maggio 2005.
4. "Digital Video Broadcasting (DVB);DVB specification for data broadcasting", ETSI EN 301 192 V1.4.1, Novembre 2004.
5. A. Bertella, P. Casagranda, D. Milanesio e M. Tabone; "Il sistema DVB-H per la TV Mobile", Elettronica e Telecomunicazioni, Dicembre 2005
6. Viviane Reding, discorso su www.europa.eu "MobileTV: the time to act is now" e intervista al Dow Jones Newswires, Marzo 2007
7. M. Barbero e N.Shpuza; "HDTV e TV Mobile, scintille di passione a Torino", Elettronica e Telecomunicazioni, Aprile 2006
8. A. Morello, G. Alberico, M. Stroppiana; "Rai HDTV and DVB-H Trials during the Turin Winter Olympics", IBC 2006
9. "DVB-H Handbook", a cura del Digitag, 2005
10. S. Orgad: "This box was made for walking...", Analisi sulla TV Mobile commissionata da Nokia, London School of Economics, Novembre 2006
11. C. Migliardi: "Il DVB-H e la TV Mobile: nuovi contenuti per nuove modalità di fruizione", Tesi di Laurea in Ingegneria del Cinema e dei Mezzi di Comunicazione, Torino, Luglio 2006 (La tesi raccoglie i risultati dell'indagine condotta presso il Centro Ricerche Rai)
12. M. McLuhan: "Understanding Media", Gingko Press, 1964
13. N. Postman: "Divertirsi da morire. Il discorso pubblico nell'era dello spettacolo", Marsilio, Venezia, 2002 (Edizione originale del 1985)
14. M. Castells: "La nascita della società in rete", Università Bocconi Editore, Milano, 2002

Tecniche per la visione stereoscopica

ing. Mario Muratori

Rai
Centro Ricerche e
InnovazioneTecnologica
Torino

Sommario
Fin dalla sua ideazione, la stereoscopia ha stimolato invenzioni per la visualizzazione del materiale visivo stereoscopico. Tuttavia, il problema di veicolare il canale corretto all'occhio corrispondente non è ancora stato risolto definitivamente: esistono diverse tecniche, basate su principi differenti, ognuna delle quali può risultare preferibile ad altre in specifiche utilizzazioni, ma a tutt'oggi non esiste un metodo chiaramente superiore agli altri in ogni occasione.
In questo articolo si descrivono i principi di base su cui si fondano le più importanti tecniche di visualizzazione stereoscopica, si accenna alle loro possibili applicazioni alla televisione, illustrandone le caratteristiche fondamentali.

1. Introduzione

1.1 Le basi della stereoscopia

In [1] si illustrano i principi di funzionamento della stereoscopia.

Questi si basano su alcune caratteristiche della visione umana; in particolare sulla convergenza oculare verso un punto (*punto di fissazione*), in genere ubicato in posizione centrale rispetto all'oggetto di interesse, e sull'analisi delle disparità tra i punti retinici corrispondenti (*stereopsi*).

La prima caratteristica implica che le due scene viste dai due occhi siano percepite come spazialmente coincidenti.

La seconda, resa possibile dal processo della *fusione sensoriale*, permette di valutare la posizione spaziale dei punti costituenti la superficie visibile dell'oggetto rispetto al punto di fissazione e quindi di percepire la tridimensionalità dell'oggetto osservato.

Le tecniche stereoscopiche mirano a riprodurre, in sede di visualizzazione, la stessa configurazione geometrica che si ha durante l'osservazione di una scena da parte di un osservatore reale (*geometria di osservazione*).

Posto quindi che il sistema di ripresa emuli un osservatore "medio" – posizione di prima approssimazione, in quanto nella pratica potrebbero risultare preferibili configurazioni differenti – e che quindi produca una coppia di segnali video, nel nostro caso televisivi, ripresi con una data geometria, il problema fondamentale dei sistemi di visualizzazione consiste nel veicolare ciascuno di tali segnali all'occhio corrispondente e solo

a quello, riproducendo virtualmente la geometria di osservazione in modo da stimolare la visione tridimensionale stereoscopica nell'osservatore[Nota 1].

1.2 Generalità sulle tecniche stereoscopiche

Dall'inizio della stereoscopia, ossia dallo stereoscopio di Wheatstone del 1833, le tecniche stereoscopiche hanno subito forti cambiamenti man mano che la tecnologia ha permesso di realizzare sistemi più complessi ed efficienti.

La scelta di una specifica tecnica dipende anche dalla tecnologia degli apparati di visualizzazione disponibili: per esempio, in campo televisivo è più agevole utilizzare tecniche che richiedono apparati elettronici, mentre in altri casi, ad esempio nella cinematografia dove si usano principalmente sistemi ottici ed elettromeccanici, possono risultare più opportuni altri metodi.

In questo articolo ci si focalizza sulle tecniche basate su apparati elettronici, in particolare di tipo televisivo, che vengono presentate suddividendole in famiglie, a seconda dei principi di funzionamento. Vi sono infatti tecniche che sfruttano le caratteristiche fisiche della luce, quelle che si basano sulle caratteristiche dei segnali televisivi costituenti la coppia stereoscopica, infine altre che si fondano sulle caratteristiche costruttive degli apparati.

Complessivamente va rilevato che, attualmente, non esiste una tecnica preferibile in assoluto, ma solo tecniche che si adattano meglio di altre alla specifica utilizzazione.

Nota 1 - Per la precisione si cerca principalmente di stimolare la stereopsi.
Nota 2 - Quello che qui interessa è la forma che assume l'onda in corrispondenza degli schermi di proiezione e/o dell'osservatore. Ambedue si trovano in situazioni di far field e molto lontani dalla sorgente in termini di lunghezze d'onda: quindi il fascio luminoso si può ritenere ben approssimato da un'onda piana.

1.3 Richiami di fisica

La *luce* (dal latino, *lux*, *lucis*) è l'agente fisico che rende visibili gli oggetti. In particolare, il termine luce si riferisce alla porzione dello spettro elettromagnetico visibile all'occhio umano.

Le tre grandezze che descrivono la luce sono: la *luminosità*, legata all'ampiezza dell'onda, il *colore*, legato alla *frequenza* (o alla *lunghezza d'onda*), e la *polarizzazione*, che indica la direzione lungo la quale oscilla il campo elettrico dell'onda elettromagnetica che costituisce il fascio luminoso.

La luce che si utilizza nei sistemi di visualizzazione si propaga per onde piane[Nota 2], di cui la figura 1 propone una illustrazione.

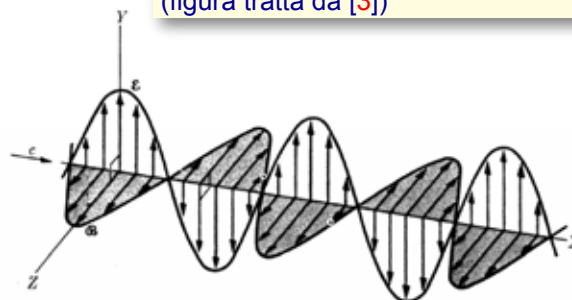
In questo caso, i campi elettrico e magnetico sono rappresentati dalle espressioni seguenti [2]:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e}\ E_0\ e^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}-\omega t+\varphi)}$$

(1)

$$\mathbf{B} = \mathbf{e}\times\mathbf{k}\ B_0\ e^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}-\omega t+\varphi)}$$

E_0, B_0 sono le ampiezze dei campi, rispettivamente, elettrico e magnetico. Come anticipato sopra, l'ampiezza dell'onda supporta l'informazione di luminosità, che è quella che serve per generare l'immagine visibile e non è utilizzabile per la separazione dei canali costituenti la coppia stereoscopica. L'ampiezza è legata anche alle

Fig. 1 – Onda elettromagnetica piana (figura tratta da [3])

caratteristiche energetiche dell'onda (energia trasportata, momento e momento angolare) che qui non vengono considerate.

Il campo elettrico oscilla su un piano perpendicolare al campo magnetico e ambedue sono perpendicolari alla direzione di propagazione data dal *vettore d'onda* **k**.

Più interessante è il vettore **e** che indica la direzione di oscillazione del campo elettrico e pertanto denominato *vettore polarizzazione*[Nota 3]. Sfruttando il fatto che l'occhio è insensibile alla polarizzazione, alcune tecniche utilizzano onde con polarizzazione diversa per veicolare le due componenti della coppia stereoscopica. Si utilizzano filtri polarizzatori per generare luce polarizzata e per separare le diverse polarizzazioni generate[Nota 4].

φ è un fattore di fase che è utile tenere in conto trattando con luce coerente, per esempio in olografia. L'occhio non è sensibile alla fase della luce incidente. Questa grandezza non è direttamente sfruttabile per la separazione delle due componenti stereoscopiche. Tuttavia, si utilizzano sfasamenti fissi per generare polarizzazioni circolari o ellittiche.

$\omega = 2\pi f$ è la pulsazione; di particolare interesse è la frequenza $f = c/\lambda$ poiché è direttamente legata al colore dello stimolo luminoso[Nota 5]. Essendo agevole costruire dei filtri colorati che siano trasparenti od opachi alle diverse frequenze, alcune tecniche stereoscopiche (anàglifo e Infitec™) utilizzano questa grandezza cercando di mantenere buona la riproduzione colorimetrica.

1.3.1 La polarizzazione

Se il fenomeno luminoso è costituito da una singola onda piana, la polarizzazione coincide con l'unica direzione possibile in cui oscilla il campo elettrico, come illustrato in figura 1, ed è definita *lineare*.

Siccome il sistema di riferimento è arbitrario, è sempre possibile pensare che il campo elettri-

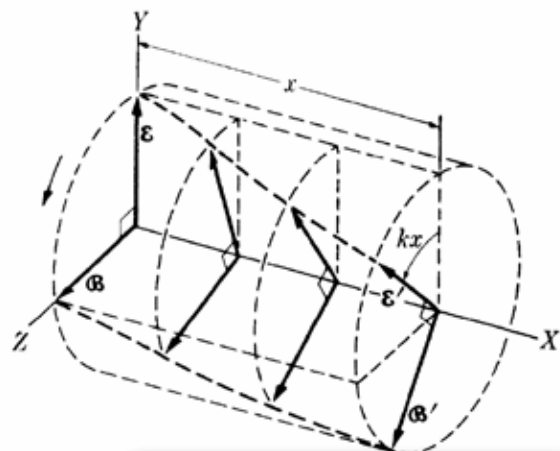



Fig. 2 – Polarizzazione circolare (figura tratta da [3])

co sia il risultato della somma vettoriale di due componenti perpendicolari tra loro e giacenti sul piano definito dal vettore campo elettrico e dal vettore campo magnetico[Nota 6]. In questo caso si interpreta l'onda risultante come la combinazione lineare di due onde piane aventi la stessa frequenza e la stessa fase[Nota 7], mentre l'ampiezza può essere diversa.

Nel particolare caso in cui le due componenti abbiano sì la stessa frequenza, ma siano sfasate di $+/- \pi/2$, il prodotto della loro combinazione è un vettore campo elettrico rotante attorno alla direzione di propagazione, come illustrato in figura 2, con senso di rotazione dipendente dal

Nota 3 - Per definizione, la polarizzazione di un'onda elettromagnetica è la direzione di oscillazione del campo elettrico.
Nota 4 - Per le onde piane le possibili polarizzazioni ortogonali sono due. Nel caso di polarizzazione lineare i vettori polarizzazione sono anche geometricamente perpendicolari tra loro; nel caso di polarizzazione circolare le soluzioni ortogonali sono caratterizzate dall'opposto senso di rotazione (destrorso/sinistrorso) del vettore campo elettrico.
Nota 5 - Spesso nel campo della fisica della luce si utilizza la lunghezza d'onda $\lambda = c/f$, che però varia in dipendenza dell'indice di rifrazione ossia della velocità di propagazione della luce nel mezzo considerato.
Nota 6 - Il piano YZ nella figura 1 e nella figura 2.
Nota 7 - Per semplicità si considera implicitamente un'onda sinusoidale. Peraltro, altre forme d'onda possono ridursi a combinazioni di onde sinusoidali tramite un'analisi di Fourier.

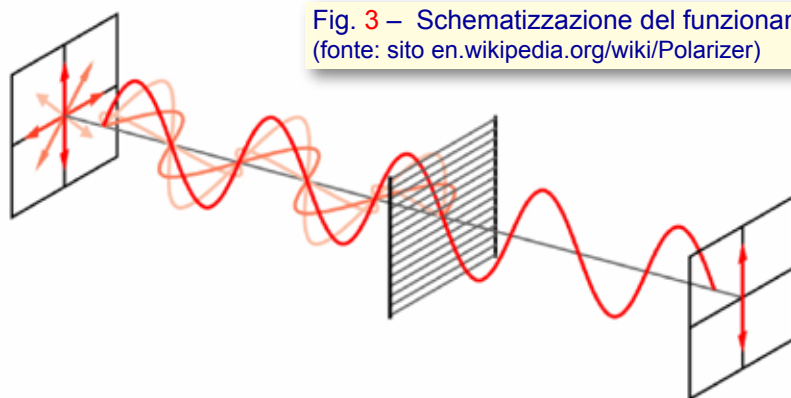



Fig. 3 – Schematizzazione del funzionamento di un filtro polarizzatore lineare (fonte: sito en.wikipedia.org/wiki/Polarizer)

segno dello sfasamento.

Se le ampiezze delle due componenti sono uguali si ottiene una polarizzazione *circolare*, altrimenti la polarizzazione si definisce *ellittica*.

1.3.2 Filtri polarizzatori

Vi sono diversi metodi per costruire filtri polarizzatori che permettono di ottenere luce polarizzata.

I filtri ad assorbimento[Nota 8] lasciano passare pressoché indisturbate le onde elettromagnetiche con una data polarizzazione, riflettendo o assorbendo le altre, come illustrato schematicamente in figura 3.

Se un fascio di luce già polarizzato linearmente attraversa un filtro polarizzatore, l'intensità luminosa viene attenuata secondo la legge di Malus[Nota 9]:

(2) $I = I_0 \cos^2 (\theta)$

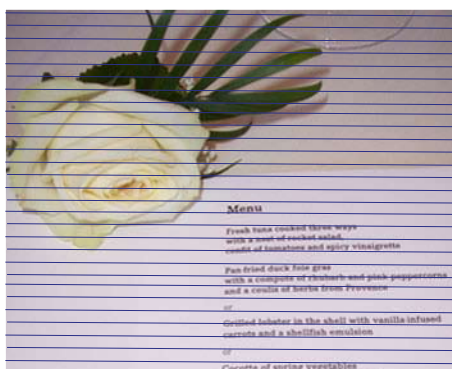
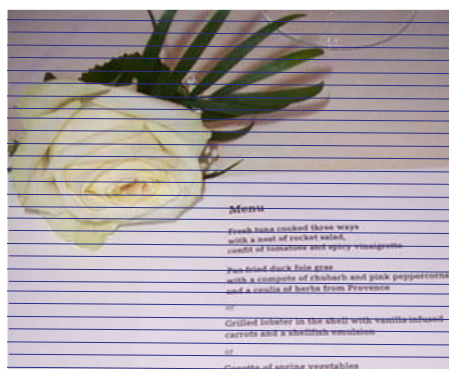
dove I_0 è l'intensità della luce entrante, I è l'intensità della luce uscente e θ è l'angolo tra la direzione della polarizzazione della luce incidente e l'asse del filtro polarizzatore.

Come conseguenza, in un filtro ideale, se l'angolo θ è di 90° la luce viene completamente assorbita, se è di 0° attraversa totalmente il filtro.

In un filtro reale, la trasparenza per θ nullo non è totale e quindi si avrà una certa attenuazione anche se la luce incidente è polarizzata secondo l'orientamento del filtro, il che implica una riduzione della luminosità.

Neppure l'opacità per θ = 90° risulta totale, per cui si riscontra ancora un residuo di luce uscente dal filtro anche se la luce incidente ha polarizzazione ortogonale[Nota 10]. Nelle applicazioni stereoscopiche questo implica che il canale indesiderato risulta ancora visibile sebbene fortemente attenuato: l'effetto è quello di percepire una doppia figura e il fenomeno in gergo è chiamato *ghost*.

Per ottenere luce polarizzata circolarmente, di solito si usano filtri costituiti dalle cosiddette *lamine in λ/4*.

Nota 8 - Ci sono anche filtri di altro tipo; per esempio le finestre di Brewster, che si basano sulle proprietà della riflessione delle onde elettromagnetiche.
Nota 9 - Dal nome di Etienne-Louis Malus (1775-1812) ingegnere, fisico e matematico francese.
Nota 10 - Il rapporto tra il coefficiente di trasmissione relativo alla componente indesiderata e quello relativo alla componente voluta varia da 1/500 per filtri Polaroid a circa $1/10^6$ per i prismi di Glan-Taylor.
Nota 11 - Alcuni materiali anisotropi sono caratterizzati dal presentare indici di rifrazione diversi a seconda della direzione di propagazione della luce al loro interno. I materiali cristallini birifrangenti presentano due indici di rifrazione diversi. In questi materiali, un raggio luminoso incidente si divide in due fasci (ordinario e straordinario) che si propagano con velocità diverse, quindi subendo uno sfasamento relativo.

primo semiquadro

secondo semiquadro

20 ms

Fig. 4a – Scansione delle immagini televisive con sistema interallacciato. Nel sistema televisivo diffuso in Europa la scansione di un semiquadro richiede 20 ms. La scansione di un intero quadro richiede 40 ms.

Queste sono formate da uno strato di materiale ottico birifrangente[Nota 11]. In questo tipo di materiali i raggi luminosi si dividono nei due raggi *ordinario* e *straordinario* che, nei filtri di interesse, hanno polarizzazioni lineari ortogonali e velocità di propagazione differente[Nota 12], sicché subiscono uno sfasamento relativo proporzionale allo spessore del materiale.

Se lo sfasamento in termini di lunghezza d'onda è pari a multipli dispari di λ/4, ossia, in termini di fase, risulta uguali a multipli dispari di π/2, quando i due raggi escono dal materiale si ricombinano generando un'onda polarizzata circolarmente.

Si noti che illuminando il filtro con un fascio non monocromatico, solo la componente luminosa la cui lunghezza d'onda soddisfa esattamente le condizioni anzidette esce dal filtro con una polarizzazione circolare perfetta. Le componenti aventi lunghezze d'onda differenti risulteranno polarizzate ellitticamente[Nota 13].

Questo è uno dei motivi per cui i filtri polarizzatori circolari presentano una reiezione al canale indesiderato inferiore rispetto ai filtri polarizzatori lineari.

1.4 Richiami di tecnica televisiva

Negli apparati di ripresa, l'energia luminosa proveniente dalla scena inquadrata viene focalizzata sulla superficie del sensore che funge da trasduttore ottico-elettrico, generando un segnale di tipo elettrico[Nota 14] distribuito spazialmente.

Per poter utilizzare tale segnale conviene renderlo monodimensionale. Ciò si ottiene tramite la scansione per righe del sensore, generando

Fig. 4b – Scansione delle immagini televisive con sistema progressivo. La scansione di un quadro richiede 40 ms.

Nota 12 - Gli indici di rifrazione per i due raggi sono diversi.
Nota 13 - Ogni polarizzazione ellittica può essere scomposta nella somma di due polarizzazioni lineari or-togonali o di due polarizzazioni circolari con rotazione contrapposta.
Nota 14 - Per esempio un accumulo di cariche elettriche di valore proporzionale all'intensità luminosa.

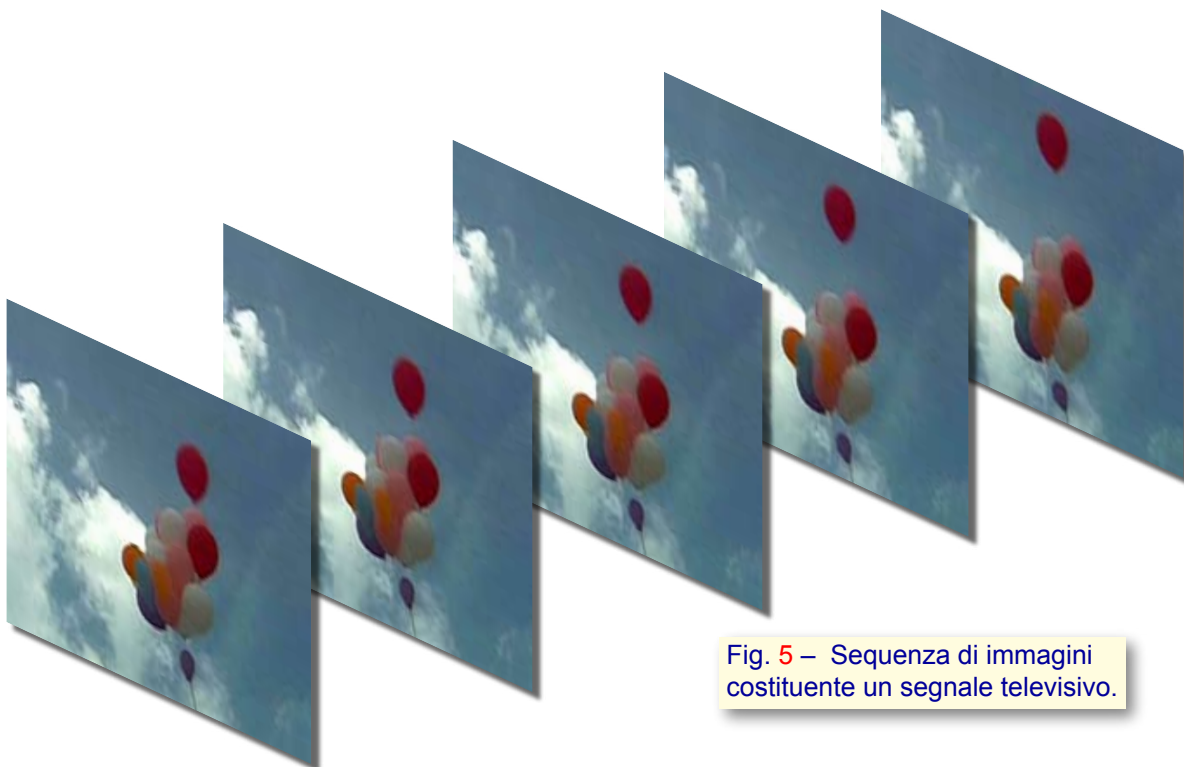



Fig. 5 – Sequenza di immagini costituente un segnale televisivo.

un segnale continuo nel tempo. Al termine della scansione di una immagine si ripete l'operazione procedendo alla scansione di una nuova immagine che, nel frattempo, avrà generato un nuovo segnale elettrico sul sensore (figure 4a, 4b).

Per una migliore comprensione della tecnica conviene riferirsi direttamente all'immagine piuttosto che agli specifici fenomeni fisici che si svolgono sul sensore. L'operazione di serializzazione del segnale elettrico corrisponde alla scansione, effettuata per righe, di una successione di immagini (figura 5).

Nei sistemi interallacciati tali immagini sono formate dalla metà delle righe costituenti un quadro e vengono chiamate perciò *semiquadri*. Vi sono delle motivazioni tecniche, che non interessa approfondire in questa sede, che giustificano l'adozione di questo tipo di scansione.

Ai fini della comprensione di alcune tecniche illustrate nel seguito, è importante considerare il segnale televisivo come una successione di immagini distinte che vengono presentate alla *frequenza di quadro*. Tra un'immagine e la successiva vi è un periodo di tempo, in linea di principio, "vuoto" nel quale si possono inserire altre immagini ottenendo una multiplazione *temporale*.

2. Tecniche

2.1 Tecniche basate sulle caratteristiche fisiche della luce

2.1.1 Anàglifo

Principi di funzionamento

La tecnica degli anàglifi è descritta in particolare in [4], di prossima pubblicazione.

Secondo il Perucca [5], la dizione corretta è: *metodo degli anàglifi*.

Si tratta di un metodo per l'osservazione di immagini stereoscopiche basato sull'impiego di *colori complementari*: le due immagini costituenti la coppia stereoscopica sono colorate con colori

Fig. 6 – Immagine anàglifa.

complementari - attualmente si utilizza preferibilmente il rosso e il ciano – e vengono presentate sovrapposte e contemporaneamente (figura 6).

Osservando l'anaglifo con occhiali aventi come lenti dei filtri colorati corrispondenti ai colori usati per le immagini (figura 7), nell'esempio sopra: rosso e ciano, ogni occhio vede solo l'immagine colorata con lo stesso colore del filtro postogli di fronte, mentre il colore complementare viene annullato (visto come nero) poiché assorbito dal filtro. In questo modo si riesce a far pervenire a ciascun occhio l'immagine corrispondente.

Il livello di assorbimento del colore complementare da parte del filtro colorato definisce la reiezione al canale indesiderato.

La visione stereoscopica si ottiene perché la funzionalità della fusione, operata dal cervello, si basa sul riconoscimento delle forme.

Fig. 7 – Occhiali per anaglifo

La percezione del rilievo invece deriva dall'interpretazione (inconscia) delle differenze tra le due immagini dovute alle differenti viste prospettiche come disparità orizzontali.

Si noti che assieme alla fusione sensoriale si verifica anche una "fusione colorimetrica": i colori percepiti dai due occhi si sommano ottenendo la riproduzione del colore per sintesi addittiva. Per questo motivo è possibile utilizzare immagini mancanti dei colori primari (il verde ed il blu nel canale colorato di rosso, il rosso nell'altro), ottenendo come risultato complessivo una resa colorimetrica relativamente accettabile.

Applicazioni

L'anàglifo è particolarmente adatto alle applicazioni basate su stampa a colori[Nota 15]. in questo caso le informazioni supportate dai primari colorimetrici sono tutte alla stessa definizione e non si verificano i problemi illustrati nel prossimo paragrafo che si hanno invece con i segnali televisivi.

La tecnica è stato utilizzata a più riprese nel campo fotografico e cinematografico, anche grazie alla sua economicità, ma non si è mai affermata per la scarsa qualità soggettiva delle immagini. Anche produzioni cinematografiche recenti, sebbene distribuite su DVD e quindi con una qualità relativamente buona, non sembrano aver entusiasmato il pubblico.

In campo televisivo ci sono stati diversi tentativi di produrre e trasmettere programmi in anàglifo. Soprattutto si è trattato di iniziative promozionali, volte a suscitare interesse in potenziali spettatori, spesso realizzate con l'ausilio della carta stampata, in genere riviste di settore, con le quali si

Nota 15 - Per la verità in quel campo sarebbe anche difficile usare altre tecniche. Si rileva l'uso di pellicole a microprismi per realizzare l'analogo degli schermi autostereoscopici per la produzione di cartoline, carte da gioco e simili. Tale metodo è però di difficile adozione in caso di immagini stampate su giornali, riviste, ecc.

forniscono gli occhiali necessari.

Non si rileva però nessuna iniziativa che abbia avuto un successo rilevante e duraturo.

Analisi delle caratteristiche

La tecnica anaglifica potrebbe essere interpretata come un multiplex nel dominio delle frequenze (frequency division multiplexing), peraltro molto grezzo considerato che si divide brutalmente in due tale dominio (rosso, quindi frequenze basse, in un canale e le alte frequenze, regione del verde fino al blu, nell'altro canale).

Una multiplazione nel dominio delle frequenze più raffinata è operata nel sistema Infitec™ di cui si parla nel seguito.

Apparentemente l'anàglifo sembrerebbe adatto all'uso televisivo, in quanto non richiede una coppia di segnali (canali), ma utilizza un solo segnale di caratteristiche standard.

La compatibilità tecnica non implica però quella "di servizio", in quanto un osservatore non equipaggiato con gli appositi occhiali con filtri colorati vede le immagini anàglife come composte da due immagini colorate sfalsate tra loro e quindi percepisce una qualità inaccettabile.

Tuttavia, anche la qualità delle immagini anàglife televisive visualizzate con gli occhiali appropriati in genere non è buona.

Ciò è principalmente dovuto al fatto che le informazioni relative alle forme, per le quali è importante la definizione dell'immagine, vengono, con la tecnica anàglifa, supportate sia dalla luminanza, ma anche, soprattutto, dai segnali di crominanza.

In ogni sistema televisivo diffusivo e di registrazione (e anche di produzione, salvo rare eccezioni) di uso normale, questi vengono filtrati, a volte con banda passante assai limitata, e quindi le immagini anàglife televisive sono in genere poco definite.

Inoltre, la reiezione del canale indesiderato è sufficiente se si usano filtri colorati di qualità, ma gli occhiali normalmente forniti come gadget in occasione di iniziative promozionali – cioè la gran parte delle volte in cui si trasmettono programmi in anàglifo – hanno filtri di qualità spesso non sufficiente per ottenere una buona reiezione del canale indesiderato.

Infine, la riproduzione colorimetrica non è, in genere, pienamente soddisfacente.

2.1.2 Infitec™

Infitec™ è un acronimo per *interferenz filter technik*. E' un marchio di Daimler-Chrysler Research and Technology di Ulm, di cui Barco (nota azienda di produzione di sistemi di visualizzazione) è licenziataria.

Principi di funzionamento

Secondo il principio della tricromia, ogni colore visibile può essere riprodotto con un'opportuna miscela di tre colori primari.

Se le sorgenti di luce colorata sono reali, non è possibile riprodurre tutti i colori visibili, ma solo una parte di essi (*gamut*); tale parte è tuttavia sufficientemente ampia per ottenere una riproduzione del mondo reale più che accettabile: i risultati della stampa, della fotografia, della cinematrografia e della televisione a colori lo dimostrano.

La scelta dei primari colorimetrici, ossia delle sorgenti di luce colorata che si mescolano per ottenere i diversi colori[Nota 16], in linea di principio è arbitraria e viene fatta sulla base della disponibilità di sorgenti con le caratteristiche colorimetriche ed energetiche desiderate. Normalmente si utilizzano sorgenti che emettono luce con una lunghezza d'onda compresa in una banda nell'intorno del massimo di sensibilità dei fotorecettori retinici [6].

Tale banda è relativamente ampia, sicché si

Nota 16 - Ciò nella sintesi *addittiva*, ma il principio espresso è valido anche per la sintesi *sottrattiva*.

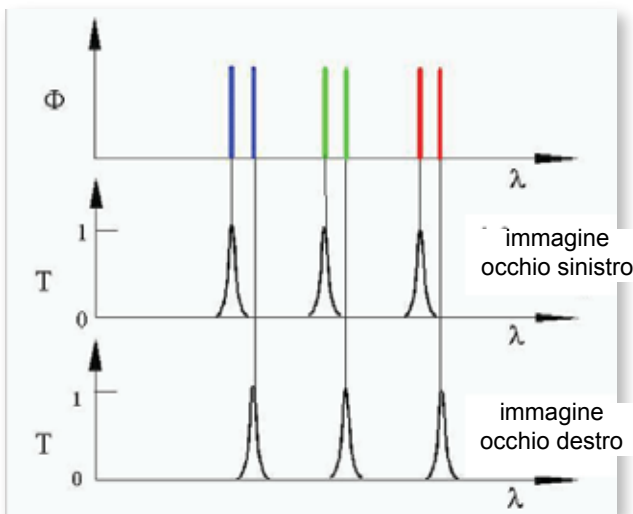



Fig. 8 – Coppia di terne di primari colorimetrici associati alle due componenti stereoscopiche [6].

possono utilizzare due o più terne di primari colorimetrici diverse tra loro per rappresentare la stessa scena senza sensibili variazioni di percezione.

Il principio di funzionamento del sistema Infitec™ è appunto quello di utilizzare due terne di primari colorimetrici, associando una terna a ciascuna delle due componenti di una coppia stereoscopica (figura 8).

Il sistema è attualmente proposto per sistemi di visualizzazione a proiezione, e il filtraggio per ottenere le due terne di primari è effettuato all'interno dei proiettori tramite filtri ottici dicroici, caratterizzati da un'elevata trasparenza nella banda passante, un'elevata opacità nella banda attenuata e una ridottissima banda di transizione.

Il sistema Infitec™ passivo utilizza due proiettori, ciascuno equipaggiato con un sistema di filtri dicroici opportuno, quello attivo utilizza invece un solo proiettore, con raddoppio della frequenza di quadro. In ambedue i casi, le immagini sono proiettate sovrapposte su un comune schermo per proiezione (figura 9).

Gli osservatori indossano occhiali speciali dotati di filtri dicroici - davanti a ciascun occhio si trova il filtro adatto alla terna corrispondente - che permettono di discriminare le due componenti della coppia stereoscopica.

Applicazioni

Il sistema è stato sviluppato principalmente per sistemi di proiezione di elevata qualità, che generalmente vengono utilizzati per presentazioni.

E' un sistema di visualizzazione pura, nel senso che richiede di essere alimentato con i due segnali costituenti la coppia stereoscopica, a prescindere dalle modalità con cui questi vengono prodotti, registrati o trasmessi.

Due proiettori DLP o LCD

Un normale schermo

Un paio di occhiali stereo Infitec

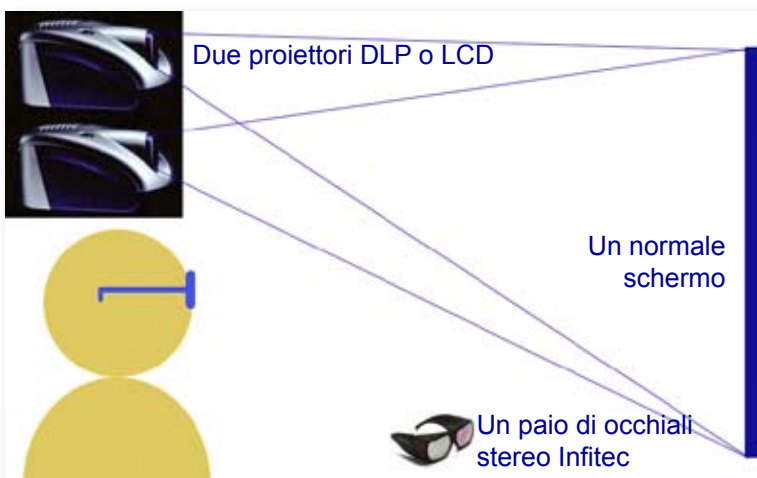



Fig. 9 – Schematizzazione del sistema di proiezione stereoscopica Infitec.

Pertanto in linea di principio potrebbe anche essere utilizzato in ambito televisivo come sistema di visualizzazione di qualità, in particolare se basato su proiettori o display a retroproiezione.

Analisi delle caratteristiche

Il sistema Infitec™ potrebbe anche essere visto come un sistema di multiplazione nel dominio delle frequenze migliore dell'anàglifo.

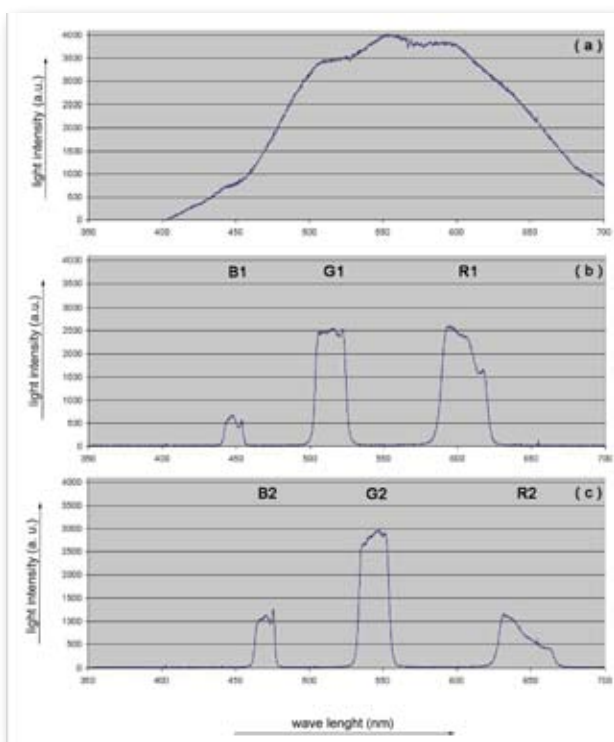



Fig. 10 – Risultato dei filtraggi ottici nel sistema Infitec (fonte: www.barco.com).

Dalla figura 10, che illustra il risultato dei filtraggi ottici volti a ricavare le due terne di primari, si nota che la banda è utilizzata in modo più articolato rispetto all'anàglifo.

Tuttavia, l'analisi nel dominio colorimetrico che si è riportata nei paragrafi precedenti spiega in modo più completo il principio di funzionamento della tecnica.

Complessivamente, il sistema Infitec™ presenta caratteristiche colorimetriche e fotometriche molto interessanti, in quanto è in grado di riprodurre molto fedelmente i colori (usa due terne complete di primari colorimetrici), ha valori di luminosità e di contrasto molto buoni grazie all'elevata trasparenza dei filtri dicroici in banda passante e presenta una elevata reiezione al canale indesiderato (pressoché totale assenza di ghost) grazie all'elevata opacità dei filtri in banda attenuata.

A differenza del sistema di proiezione basato sulla polarizzazione, non ha bisogno di schermi particolari, il che migliora ulteriormente le caratteristiche ottiche del sistema poiché gli schermi per proiezione "normali" hanno un elevato coefficiente di riflessione (sono molto "luminosi") e diffondono la luce permettendo l'osservazione anche da posizioni molto angolate.

Attualmente il sistema è venduto a prezzi piuttosto elevati, probabilmente definiti anche in base alle caratteristiche del mercato di potenziale interesse (aziende interessate a presentazioni di forte impatto).

In ogni caso gli occhiali sono sì passivi, ma essendo equipaggiati con filtri in vetro sono relativamente pesanti e delicati.

2.1.3 Polarizzazione

Principi di funzionamento

Nel tratto compreso tra il display all'osservatore i segnali costituenti la coppia stereoscopica devono necessariamente essere costituiti da segnali ottici.

In questo tragitto si inseriscono dei filtri polarizzatori in modo tale che a valle di questi, i due segnali siano trasportati da onde elettromagnetiche con polarizzazioni ortogonali.

Con occhiali le cui lenti siano dei filtri polarizzatori adatti ad oscurare l'immagine non corrispondente e a lasciare visibile quella diretta all'occhio corretto, si ottiene la separazione dei due canali e quindi un osservatore che li indossi percepisce l'effetto prospettico dato dalla visione stereoscopica.

Vi sono diverse configurazioni possibili.

Proiezione

Questa configurazione prevede l'uso di una coppia di proiettori come illustrato in figura 11.

Ciascun proiettore viene alimentato con una delle

componenti della coppia stereoscopica. Siccome gli apparati sono completamente separati, possono accettare anche segnali non sincronizzati. Ovviamente il ritardo tra i segnali dovrà essere tale che la differenza di temporizzazione tra le scene visualizzate rimanga entro i limiti accettati dall'apparato di visione umana.

Di fronte agli obiettivi dei proiettori si pongono i filtri polarizzatori come illustrato nella figura 11 e schematizzato in figura 12.

Le immagini sono proiettate su uno schermo metallizzato, adatto a mantenere la polarizzazione, e la veicolazione delle corrette componenti stereoscopiche agli occhi corrispondenti è realizzata tramite la separazione operata dai filtri polarizzatori montati sugli occhiali indossati dall'osservatore (figura 13).

Fig. 11 – Sistema di proiezione stereoscopico basato su coppia di proiettori (in questo caso SIM2 per HDTV) in associazione a filtri polarizzatori (visibili attraverso i fori sul portello).

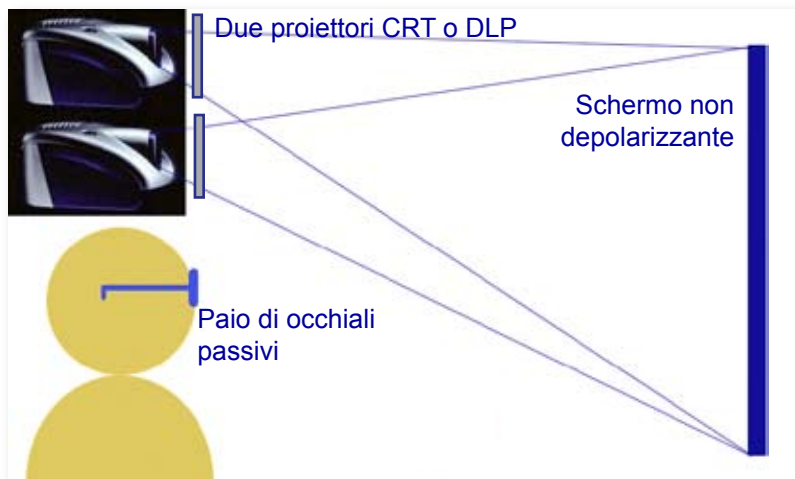



Fig. 12 – Schematizzazione di sistema di proiezione stereoscopica basato su coppia di proiettori e filtri polarizzatori.

Fig. 13 – Esempio di occhiali con filtri polarizzatori.

Nota 17 - Tale tipo di filtro è anche noto con la denominazione commerciale registrata di ZScreen.

Filtri polarizzatori commutabili[Nota 17]

Questi filtri sono basati su un pannello LCD che funge da filtro polarizzatore commutabile.

A seconda del valore del segnale di pilotaggio del pannello, il filtro genera una polarizzazione circolare destrorsa o sinistrorsa, cioè le due possibili soluzioni ortogonali per la polarizzazione circolare.

Ponendo tale pannello di fronte ad un display alimentato con un segnale a frequenza di quadro doppia, come illustrato in figura 14, e sincronizzando opportunamente il pannello con l'immagine visualizzata sul display, si ottiene una multiplazione temporale di immagini formate da luce polarizzata circolarmente, alternativamente destrorsa e sinistrorsa.

Fig. 14 – Monitor CRT con schermo polarizzatore commutabile, il relativo driver e occhiali polarizzatori.

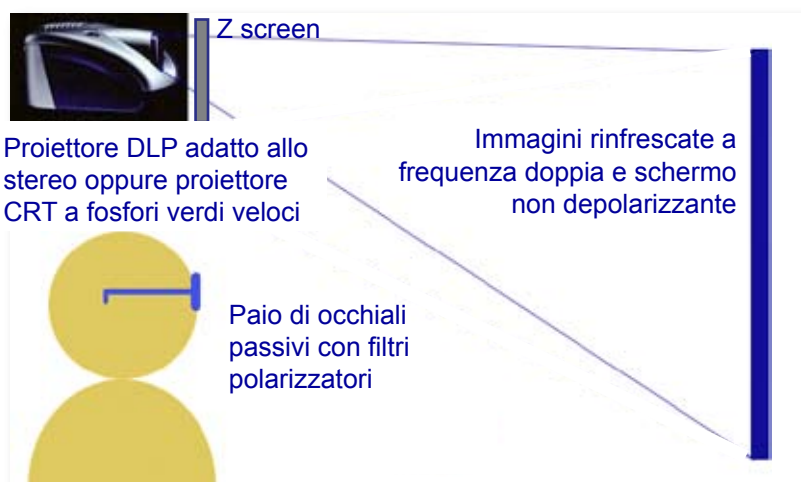



Fig. 15 – Schematizzazione di sistema di proiezione stereoscopica basato su singolo proiettore e filtro polarizzatore commutabile.

Una variante del sistema, schematizzata in figura 15, prevede l'inserzione di un filtro polarizzatore commutabile davanti ad un proiettore alimentato con una sequenza multiplata temporalmente e quindi con frequenza di quadro doppia. Il resto del sistema è analogo a quello descritto in precedenza.

LCD con filtri polarizzatori integrati

La NHK (Nippon Hōsō Kyōkai) ha sviluppato un display sperimentale in cui i filtri polarizzatori circolari destrorsi e sinistrorsi sono posti a linee alterne davanti agli elementi costituenti i pixel di un pannello LCD-TFT.

In tal modo si è superato il problema della dimensione del pannello filtrante poiché i filtri sono integrati nel pannello in fase di costruzione.

Applicazioni televisive

Tutti i sistemi basati sulla polarizzazione sono sistemi di visualizzazione pura, nel senso che richiedono di essere alimentati con i due segnali costituenti la coppia stereoscopica, a prescindere dalle modalità con cui questi vengono prodotti, registrati o trasmessi.

In linea di principio, questi sistemi potrebbero essere utilizzati in ambito televisivo come sistemi di visualizzazione di qualità.

Analisi delle caratteristiche

Il sistema basato sulla polarizzazione è uno dei migliori per spettacoli pubblici su grande schermo poiché, oltre ad offrire una eccellente qualità soggettiva delle immagini, la gestione degli occhiali con filtri polarizzatori è sicuramente meno onerosa di quella che adotta occhiali shutter (la possibile alternativa di elevata qualità), per il minor costo degli occhiali e perché questi sono passivi e non hanno bisogno che di una minima manutenzione.

Anche se la trasparenza dei filtri polarizzatori non è totale[Nota 18], la perdita di luminosità è accettabile e la riproduzione del contrasto è elevata. La riproduzione colorimetrica è abbastanza buona, anche se i filtri di questo tipo sono caratterizzati da dominanti bluastre o color seppia.

I sistemi basati sulla polarizzazione lineare mostrano un effetto ghost inferiore poiché i filtri polarizzatori lineari hanno una reiezione alla polarizzazione ortogonale superiore ai filtri polarizzatori circolari. Tuttavia, in genere, anche i filtri economici di ambedue i tipi offrono una qualità sufficiente da questo punto di vista.

I sistemi basati su due proiettori presentano la difficoltà tecnica di richiedere un preciso allineamento dei proiettori. Se poi si adotta la polarizzazione lineare si aggiunge anche la difficoltà di allineare i filtri.

Lo schermo deve essere perfettamente riflettente per mantenere la polarizzazione, e pertanto in genere è metallizzato. I normali schermi per proiezione sono infatti diffondenti, quindi perdono la polarizzazione e non possono essere usati, però sono molto più luminosi e presentano angoli di visione maggiori rispetto a quelli riflettenti.

Una caratteristica del sistema basato su due proiettori, che può avere risvolti positivi, è che non richiede una sincronizzazione perfetta tra i due canali, il che può semplificare la realizzazione della sorgente del segnale stereoscopico[Nota 19].

I sistemi basati sui filtri polarizzatori commutabili necessitano di display funzionanti al doppio della frequenza di quadro e di un multiplatore temporale.

Inoltre, non è possibile produrre economicamente dei filtri di grandi dimensioni, pertanto è difficile trovare filtri commutabili da applicarsi a monitor con diagonale maggiore ai 21”. Per contro è possibile produrre dei filtri di questo tipo adatti per l’inserimento all’interno dei proiettori. In questo caso si semplifica il sistema in quanto si usa un solo proiettore, ma si complica il proiettore che deve funzionare a frequenza di quadro doppia.

Si noti che la luce emessa dai pannelli LCD e TFT è polarizzata poiché le celle LCD sono costituite da una serie di filtri polarizzatori. Gli stessi cristalli liquidi modificano l’orientamento del vettore polarizzazione a seconda della tensione di pilotaggio.

Pertanto, l’uso di filtri polarizzatori, sia circolari che lineari, con queste sorgenti deve essere considerato attentamente e, in genere, non è possibile associare liberamente filtri e display. Peraltro, alcuni produttori offrono degli apparati che includono negli LCD i filtri necessari.

Nota 18 - Un filtro polarizzatore lineare ideale dimezza l’intensità di un flusso luminoso non polarizzato.
Nota 19 - Presso il Centro Ricerche della Rai per un certo periodo si è utilizzata una sorgente a basso costo che generava segnali stereoscopici con uno sfasamento di mezzo semiquadro tra le due componenti stereo, senza che si avvertissero artefatti sensibili.

2.2 Tecniche basate sulle caratteristiche dei segnali

Uno dei metodi comunemente utilizzati nel campo telecomunicazionistico per trasmettere informazioni su di un canale, consiste nel sequenzializzarle e trasmetterle in tempi successivi (*time division multiplexing*). E' implicita la necessità di memorizzare le informazioni fino all'istante in cui possono essere veicolate sul canale.

Tale tecnica si adatta bene ai segnali in formato digitale, ma è spesso applicabile anche ad altri tipi di segnale, in particolare a quelli campionati. Infatti, generalmente i campioni sono degli impulsi di durata[Nota 20] breve rispetto al periodo di campionamento e quindi, in linea di principio, si prestano ad essere serializzati.

Il segnale televisivo è campionato nel tempo; anche se la scansione dell'intero quadro si svolge su un periodo temporale relativamente lungo e prefissato dagli standard (nello standard europeo è pari a 40 ms, corrispondente ad una frequenza di quadro pari a 25 Hz), si può ritenere che il singolo pixel venga campionato nella telecamera e riprodotto nel display in un periodo di tempo molto più breve.

Si ricorda che la scansione spaziale del quadro per righe, e dei quadri nel tempo, è un modo per campionare temporalmente e spazialmente l'informazione ottica della scena ripresa, che di per sé è continua nel tempo e nello spazio. In effetti il segnale televisivo si può considerare, con ottima approssimazione, una sequenza temporale di immagini bidimensionali ognuna costituente un *quadro*[Nota 21] televisivo.

In linea di principio è quindi possibile registrare, trasmettere e riprodurre più sequenze televisive sullo stesso canale o supporto di registrazione, semplicemente intervallando opportunamente nel tempo i quadri (o i semiquadri) ricavati dalle singole sequenze.

Nel seguito si analizzano due particolari realizzazioni basate su questo principio.

2.2.1 *Multiplex temporale con raddoppio della frequenza di quadro*

Principi di funzionamento

In questo sistema, un multiplatore temporale (figura 16) viene alimentato contemporaneamente[Nota 22] con i due segnali televisivi costituenti la coppia stereoscopica, e per ciascuno di essi ne registra un quadro (o semiquadro) per volta.

In uscita riproduce i quadri (o semiquadri) memorizzati, alternando i canali (quadro 1 del canale destro, quadro 1 del canale sinistro, quadro 2 del canale destro, quadro 2 del canale sinistro, ecc.) col conseguente raddoppio della frequenza di quadro (figura 17).

Per quanto riguarda la visualizzazione si possono adottare diverse tecniche, che hanno in comune l'utilizzazione di un singolo apparato visualizzatore (monitor o proiettore) come illustrato in figura 18.

Nota 20 - Per essere precisi, il modello di campione utilizzato nella teoria del campionamento è una distribuzione delta di Dirac di ampiezza appropriata e di durata nulla. Nella pratica, il campione si gene-ra analizzando il segnale da campionare in un intervallo molto breve, la cui durata dipende dalla tecnologia adottata. La riproduzione del campione in genere è una funzione porta di durata appropriata, non superiore al periodo di campionamento (inverso della frequenza di campionamento).

Nota 21 - L'intera immagine forma un quadro nei sistemi progressivi, tipici dei sistemi informatici. In campo televisivo tradizionalmente si scandisce l'immagine in due "passate", ognuna delle quali forma un semiquadro contenente la metà delle righe costituenti l'immagine; due semiquadri formano un'immagine completa (quadro).

Nota 22 - Per semplificare l'elaborazione, conviene spesso che i segnali in ingresso siano sincronizzati (con un segnale di genlock), quindi temporalmente coincidenti.

Fig. 16 – Multiplatore temporale e deinterlacciatore con driver per ZScreen.

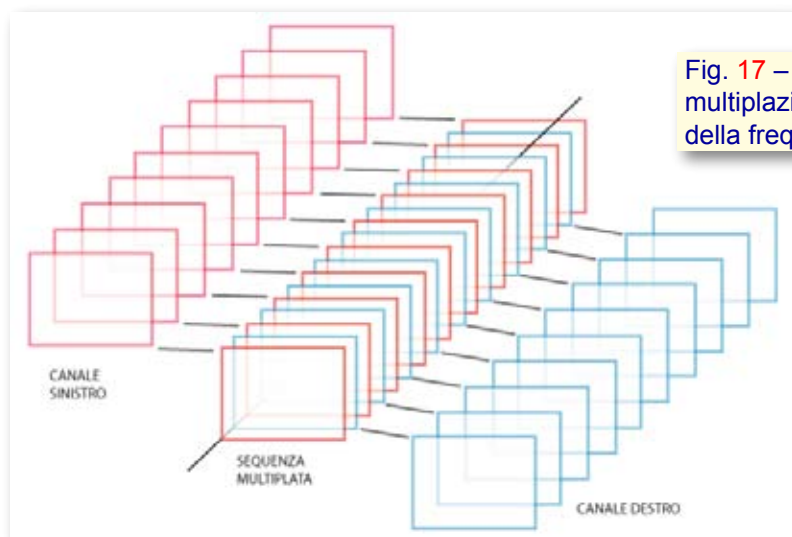



Fig. 17 – Schematizzazione della multiplazione temporale con raddoppio della frequenza di quadro.

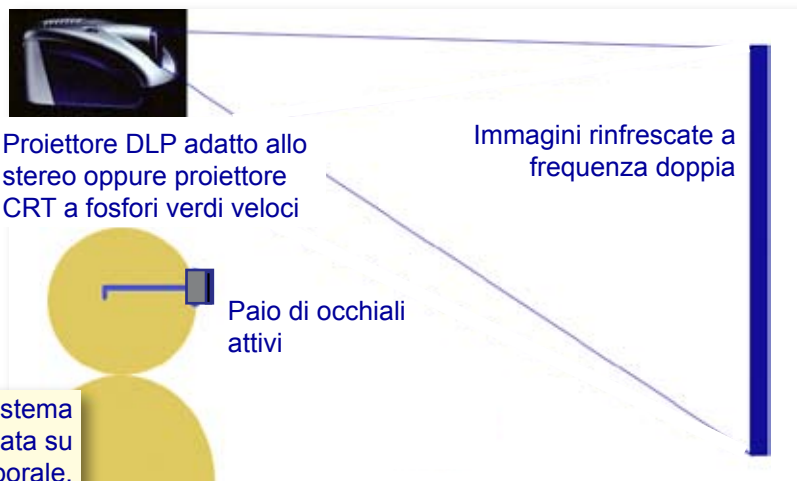



Fig. 18 – Schematizzazione del sistema di proiezione stereoscopica basata su multiplazione temporale.

Fig. 19a – Occhiali shutter.

Fig. 19b – Particolare del pannello LCD di occhiali shutter.
(fonte: sito sterero3d.com)

Occhiali shutter

Questo sistema è tradizionalmente associato agli occhiali attivi comunemente chiamati occhiali *shutter* (che corrisponde al temine italiano *otturatore*) (figure 19a e 19b).

Al posto delle lenti, questi occhiali hanno dei piccoli pannelli LCD che, a seconda del valore di un apposito segnale di controllo, sono trasparenti (figura 19b) od opachi. Il segnale di controllo è generato dalla circuiteria contenuta nella montatura degli occhiali, per questo si dice che gli occhiali sono *attivi*, ed è asservito al segnale di sincronismo trasmesso agli occhiali tramite cavo o collegamento ad infrarossi (IR) (figura 20).

La figura 21 illustra la tipica configurazione del visualizzatore, col trasmettitore IR posto sopra il monitor.

Fig. 20 – Trasmettitore a raggi infrarossi per il controllo degli occhiali shutter.

Rendendo alternativamente trasparenti od opachi i pannelli LCD posti davanti agli occhi dell'osservatore in sincronismo con il quadro visualizzato dal display, si ottiene la presentazione all'occhio corretto della sequenza corrispondente.

Tale tecnica si applica sia a monitor (figura 21) che a sistemi di proiezione[Nota 23].

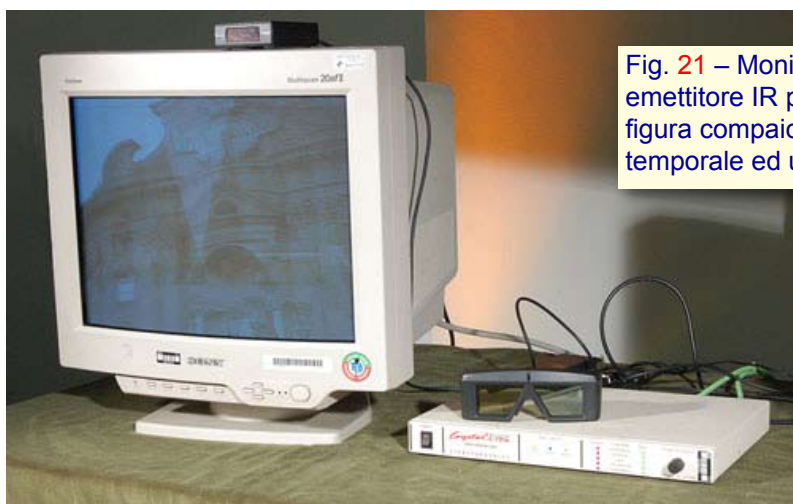



Fig. 21 – Monitor equipaggiato con emettitore IR per occhiali shutter (in figura compaiono anche un multiplatore temporale ed un paio di occhiali).

Nota 23 - Si ricorda che la multiplazione temporale è uno dei sistemi adottati dal sistema IMAX-3D.

Filtri polarizzatori commutabili

Un metodo alternativo consiste nell'utilizzare uno speciale filtro che commuti la polarizzazione della luce che lo attraversa tra due polarizzazioni ortogonali.

Di norma il filtro è realizzato tramite un pannello LCD e la polarizzazione ottenuta è di tipo circolare; la commutazione avviene tra polarizzazione circolare destrorsa e quella sinistrorsa[Nota 24] (figura 14).

La discriminazione tra i due segnali della coppia stereoscopica si effettua tramite occhiali passivi equipaggiati con filtri polarizzatori.

Infitec™ attivo

Un'ulteriore tecnica è il sistema Infitec™ attivo. La tecnica adottata nel sistema Infitec™ per proiettare e discriminare le componenti stereoscopiche è descritta in paragrafi precedenti cui si rimanda per approfondimenti.

Nel sistema Infitec™ attivo, la terna di primari viene commutata in sincronismo con il quadro della componente stereoscopica che si sta proiettando; i filtraggi necessari sono effettuati nel singolo proiettore utilizzato per la visualizzazione.

Gli occhiali da utilizzarsi sono del tipo passivo con i filtri ottici dicroici comunemente utilizzati per il sistema Infitec™.

Applicazioni

Anche questa è una tecnica di visualizzazione pura, nel senso che il multiplatore richiede di essere alimentato con i due segnali costituenti la coppia stereoscopica, a prescindere dalle modalità con cui questi vengono prodotti, registrati o trasmessi.

Pertanto potrebbe anche essere utilizzata in ambito televisivo come sistema di visualizzazione di qualità elevata.

Analisi delle caratteristiche

Il principale pregio di questo sistema è che le sequenze componenti la coppia stereoscopica sono presentate, singolarmente, con la propria frequenza di quadro originale, nel caso europeo 50Hz, e quindi sono esenti da flicker[Nota 25].

Il ritardo di mezzo periodo di scansione di quadro (l'inverso della frequenza di quadro) che subisce una delle due componenti la coppia stereoscopica, in genere non è avvertito e non origina difetti visivi.

Un ulteriore pregio è che si utilizza un solo apparato di visualizzazione o di proiezione. Oltre alla conseguente riduzione dei costi[Nota 26], le immagini risultano spazialmente coincidenti per la stessa costruzione dell'apparato di visualizzazione, caratteristica particolarmente importante nel caso dei sistemi a proiezione, per i quali l'allineamento dei proiettori risulta spesso problematico.

Le caratteristiche colorimetriche e fotometriche del sistema dipendono dal tipo di visualizzazione adottata (occhiali shutter, polarizzazione, Infitec™), ma sono generalmente di elevata qualità.

In genere gli occhiali shutter presentano una attenuazione luminosa sensibile - dimezzano l'energia luminosa incidente sugli occhi - che in questo caso viene compensata dal raddoppio della frequenza di quadro. Rispetto alle altre tecniche sono caratterizzati da un'elevata reiezione del segnale indesiderato, ma sono piuttosto pesanti e costosi.

Nota 24 - La Stereographics commercializza tale prodotto col marchio ZScreen; la NuVision offre prodotti analoghi.
Nota 25 - Per essere più precisi: non presentano un flicker maggiore di quelle originali.
Nota 26 - In realtà usare un solo proiettore potrebbe essere fonte di risparmio, ma questo, dovendo supportare una frequenza di quadro doppia, potrebbe essere molto più costoso di un proiettore "normale".

Per quanto riguarda la qualità dei sistemi a polarizzazione o Infitec™ si rimanda ai paragrafi precedenti.

La qualità complessiva del sistema a multiplazione temporale dipende anche dalla qualità delle elaborazioni effettuate dal multiplatore. Questo infatti, se opera con segnali analogici, deve digitalizzare i segnali per poterli memorizzare in attesa dell'istante corretto per presentarli all'uscita multiplata, e tale operazione è una possibile fonte di artefatti.

Inoltre, per utilizzare i visualizzatori di tipo informatico[Nota 27] che si rendono necessari perché, a differenza dei comuni display, supportano la frequenza di quadro raddoppiata, è necessaria un'operazione di deinterallacciamento del segnale televisivo in ingresso che è un'ulteriore potenziale sorgente di artefatti.

2.2.2 *Field-Sequential*

Principi di funzionamento

La tecnica di multiplazione temporale con raddoppio della frequenza di quadro necessita, come abbiamo visto, di apparati specifici.

Tuttavia, nel caso in cui si utilizzi la tecnica di visualizzazione con occhiali shutter, all'apparato di visualizzazione non si richiedono specifiche particolari, eccetto la capacità di operare con frequenze di quadro elevate, cosa che i monitor di tipo televisivo di norma non sono in grado di fare.

Perciò, volendo mantenere il principio della multiplazione temporale per goderne le caratteristiche positive[Nota 28] ma desiderando utilizzare apparati standard, si è sviluppata la tecnica chiamata *field-sequential*.

Come indica il nome, la sequenza multiplata è formata dai semiquadri delle componenti stereoscopiche sottocampionate temporalmente, intervallati nel tempo secondo la struttura seguente: semiquadro 1 del canale destro, semiquadro 2 del canale sinistro, semiquadro 3 del canale destro, semiquadro 4 del canale sinistro, e così via[Nota 29] (figura 22). Si noti che i semiquadri sono temporalmente posizionati in modo corretto, quindi le scene non subiscono ritardi relativi.

Applicazioni televisive

La sequenza multiplata è in tutto per tutto una sequenza televisiva standard e quindi può essere maneggiata con i normali apparati televisivi, in particolare quelli di tipo consumer.

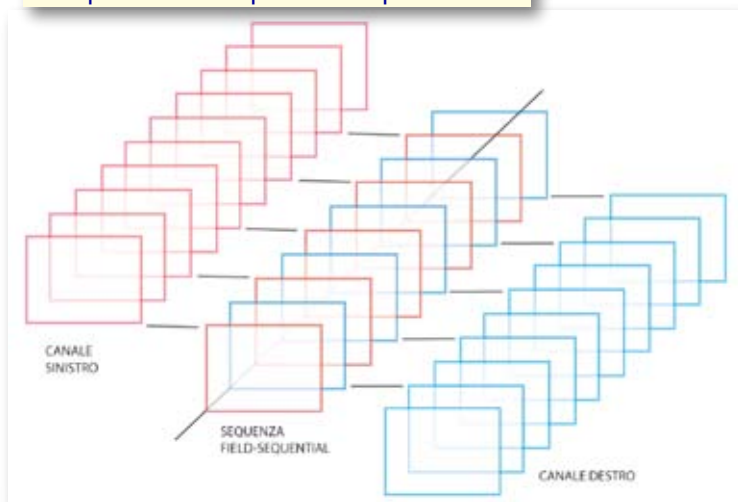
Fig. 22 – Schematizzazione di multiplazione del tipo field-sequential.

Nota 27 - Sono comuni i monitor CRT. Esistono alcuni proiettori in grado di funzionare a frequenze di quadro pari o superiori a 100Hz, ma in genere i monitor con pannelli piatti (plasma e LDC/TFT) non sono in grado di funzionare a frequenze di quadro così elevate.
Nota 28 - Con particolare riferimento all'elevata reiezione al segnale indesiderato (assenza del ghost) che caratterizza gli occhiali shutter.
Nota 29 - I canali possono essere scambiati tra loro: la struttura indicata è solo indicativa della tecnica. Il punto fondamentale è che le singole sequenze costituenti la coppia stereo sono sottocampionate temporalmente: per generare la sequenza multiplata si prende alternativamente un semiquadro dell'una e un semiquadro dell'altra.

Fig. 23 – Sistema di visualizzazione del tipo field-sequential: sono visibili uno schermo al plasma, un lettore per DVD (dietro), un sincronizzatore (sotto) e, sopra lo schermo, un paio di trasmettitori IR per sincronizzare gli occhiali shutter.

Il punto cruciale consiste nell'estrazione, dalla sequenza multiplata, dei sincronismi atti a comandare gli occhiali shutter.

Mentre è piuttosto agevole estrarre i sincronismi intercettando il segnale (PAL, S-Video, in componenti) tra una sorgente esterna, per esempio un lettore DVD, e il monitor televisivo[Nota 30], in genere non è possibile estrarre i sinconismi dal ricevitore incluso nel televisore.

Per questo motivo questo sistema è limitato ad applicazioni che si possono definire *home stereo*: cioè la visualizzazione casalinga di materiale televisivo stereoscopico.

Sul mercato esistono sistemi consumer a prezzo relativamente basso, che vengono proposti in associazione a materiale audiovisivo registrato su DVD. La scelta del supporto è tecnicamente al passo coi tempi, ma in linea di principio sarebbe possibile anche utilizzare dei supporti magnetici quali le cassette (figura 23).

Nota 30 - Con particolare riferimento a sistemi di *home stereo* disponibili sul mercato.

Analisi delle caratteristiche

La principale caratteristica di questo sistema è la presenza di un forte flicker dovuto al sottocampionamento temporale delle singole componenti stereoscopiche: infatti all'occhio dell'osservatore ognuna di queste appare come una sequenza di immagini con frequenza di quadro dimezzata (nel sistema europeo, pari a 25 Hz). Ciò diminuisce anche la luminosità, perché solo la metà delle immagini – e quindi dell'energia luminosa - viene ricevuta dal singolo occhio.

Tuttavia, la possibilità di utilizzare lettori DVD e (teoricamente) collegamenti video in componenti in bassa frequenza, permette al sistema di offrire una discreta qualità in termini di definizione.

L'adozione di occhiali shutter implica un effetto ghost trascurabile e quindi un'ottima riproduzione dell'effetto prospettico oltre ad una buona riproduzione colorimetrica.

2.3 Tecniche basate sulle caratteristiche del sistema di visione

In questo capitolo si descrivono tecniche in cui la separazione dei canali, ossia la veicolazione del canale corretto all'occhio corrispondente, viene ottenuta grazie alla geometria fisica ed ottica dell'apparato visualizzatore.

2.3.1 Casco HMD (Head Mount Display)

Principi di funzionamento

In sostanza, gli Head Mount Display sono degli aggeggi che permettono di posizionare due schermi di piccole dimensioni, in genere LCD, direttamente di fronte agli occhi dell'osservatore (figura 24).

In linea di principio, l'alimentazione dei due schermi con la coppia stereoscopica può essere completamente indipendente e i segnali non devono necessariamente essere sincronizzati tra loro.

Applicazioni televisive

Attualmente il sistema è principalmente utilizzato in associazione ad applicativi informatici di tipo ludico o in applicazioni speciali, soprattutto militari. Non si rilevano utilizzazioni in campo televisivo.

Fig. 24 – Apparato HMD
(fonte: www.vrlogic.com)

Analisi delle caratteristiche

La qualità delle immagini è direttamente collegata alla qualità degli schermi dell'HDM, che attualmente non raggiungono definizioni elevatissime[Nota 31] anche perché di piccole dimensioni.

La luminosità, il contrasto e la riproduzione colorimetrica sono quelle tipiche dei pannelli adottati, in genere di tipo LCD-TFT e quindi, in linea di massima, risulta buona.

In genere si tratta di apparati relativamente costosi e non particolarmente agevoli da indossare. Tuttavia questi difetti sono accettabili in certe applicazioni dove si richiede un'elevatissima immersività (applicativi ludici avanzati) o la visualizzazione contemporanea di molte informazioni con presentazione virtuale o semivirtuale dell'ambiente operativo (applicazioni militari particolari).

2.3.2 Schermi autostereoscopici

La percezione della prospettiva è basata sulla visione parallattica, ossia dal fatto che gli occhi osservano la stessa scena da due prospettive leggermente differenti.

Lo scopo degli apparati autostereoscopici consiste nel riprodurre due o più prospettive (viste) della stessa scena, separandole in modo che gli occhi dell'osservatore ne possano vedere due differenti per volta (figura 25).

Se le prospettive sono più di due, si può fare in modo che l'osservatore possa muoversi davanti allo schermo osservando la coppia di viste relativa al punto di osservazione.

La separazione delle viste avviene sfruttando la geometria della configurazione di visione. In linea di principio esistono due metodi: gli schermi a *barriera* e quelli a *microlenti*.

Nota 31 - Dalla ricerca in rete appositamente effettuata, si ricava che la risoluzione più frequente sia 800*600. Alcuni apparati di pregio offrono risoluzione pari a 1280*1024.

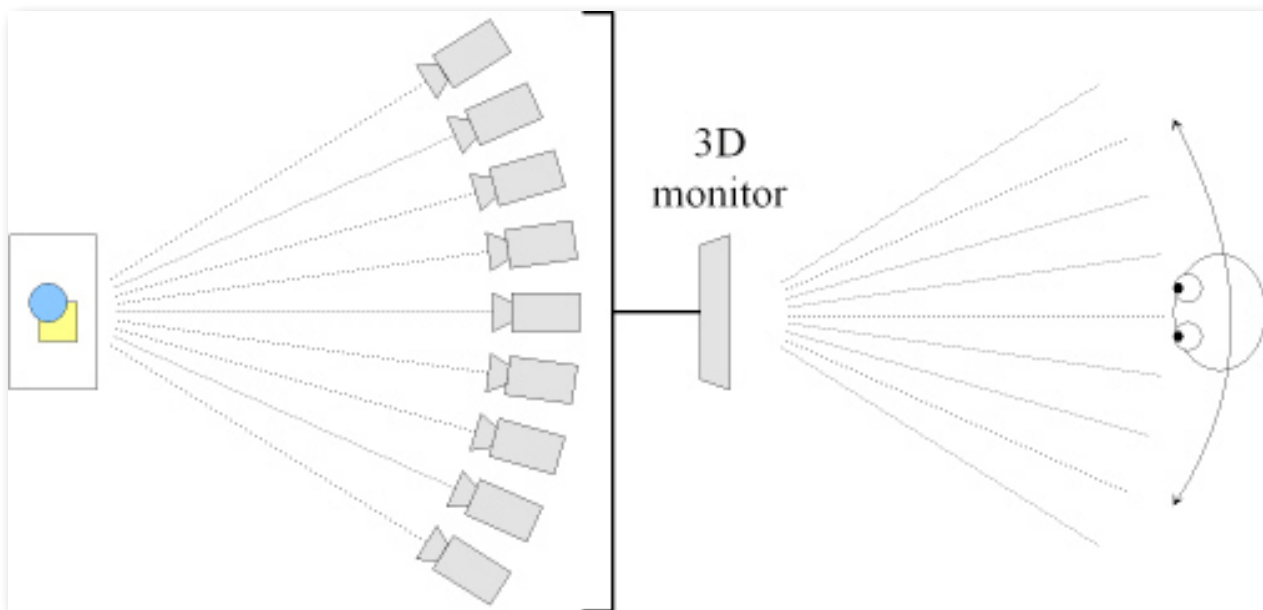



Fig. 25 – Schematizzazione del principio di funzionamento dei display autostereoscopici.

Schermi autostereoscopici a barriera di parallasse

Principi di funzionamento

Normalmente i display autostereoscopici a barriera sono basati su di un pannello LCD modificato.

Le particolari realizzazioni dei vari produttori cambiano leggermente soprattutto per quanto riguarda le modalità di realizzazione della barriera parallattica, ma i principi di base del funzionamento del display rimangono sostanzialmente identici.

Nella forma più tradizionale dell'apparato, le due immagini costituenti la coppia stereoscopica sono suddivise in strisce verticali, ognuna associata ad una colonna di pixel del pannello LCD.

Le immagini sono visualizzate contemporaneamente e le colonne di pixel sono associate alternativamente all'una o all'altra delle due componenti stereoscopiche.

Una barriera anteposta al pannello LCD, grazie alla parallasse oculare, rende visibile all'occhio corretto solo la componente stereoscopica relativa (figura 26), mascherando quella non corrispondente.

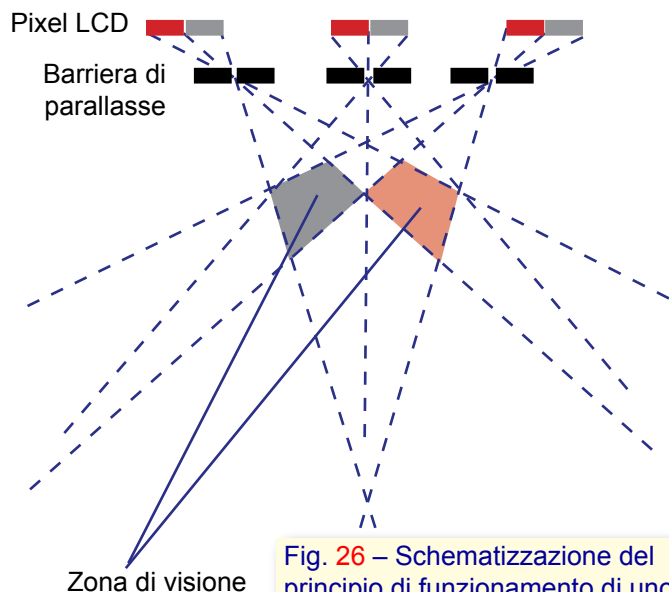



Fig. 26 – Schematizzazione del principio di funzionamento di uno schermo autostereoscopico a barriera. (fonte: www.3dweb.org.uk)

In alcune realizzazioni la retroilluminazione del pannello LCD non è omogenea, ma viene realizzata tramite delle sorgenti luminose a forma di striscia verticale (figura 27a). L'effetto è analogo a quello ottenibile con una barriera di mascheramento (figura 27b).

Nel sistema "basico" la visualizzazione stereoscopica avviene solamente in certe posizioni, determinate dalla geometria del sistema apparato-osservatore (gli occhi dell'osservatore devono ricadere nelle "zone di visione" illustrati in figura 26); è sufficiente che l'osservatore si sposti anche solo di pochissimi centimetri perché la visione stereoscopica svanisca.

Per ovviare a questo inconveniente, sono stati sviluppati dei display muniti di un sistema di *head-tracking*, capace di individurare la posizione della testa dell'osservatore rispetto al monitor. In questi apparati, l'attivazione delle sorgenti luminose lineari componenti il pannello di illuminazione dell'LCD viene controllata di modo da ottenere un effetto paragonabile allo spostamento della barriera di mascheramento. Di conseguenza si ottiene il posizionamento delle zone in cui è percepibile l'effetto stereoscopico in corrispondenza della posizione degli occhi dell'osservatore.

Esistono inoltre dei sistemi che, al fine di non subire il dimezzamento della definizione orizzontale tipica della tecnica di base, utilizzano alternativamente ambedue i sottoinsiemi di pixel e modificano opportunamente la barriera.

Applicazioni televisive

Si tratta anche in questo caso di una tecnica di visualizzazione pura, nel senso che il display (figura 28) richiede di essere alimentato con i due segnali costituenti la coppia stereoscopica, a prescindere dalle modalità con cui questi vengono prodotti, registrati o trasmessi.

Il sistema è inerentemente *single-user*, cioè adatto alla visione da parte di un solo utente. I sistemi dotati di head-tracking permettono all'utente di

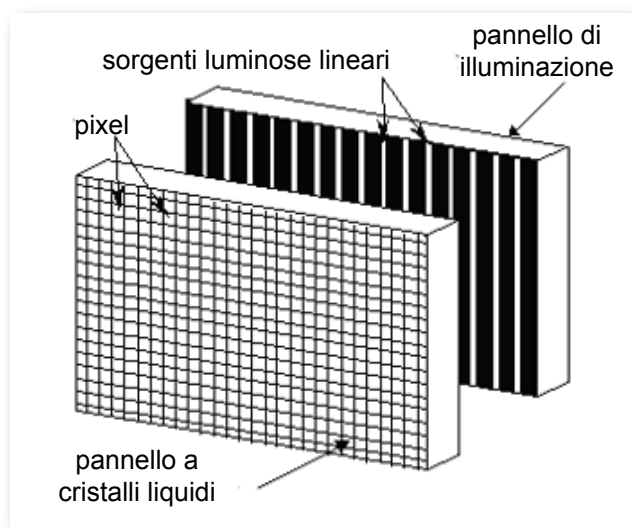



Fig. 27a – Illuminazione del pannello LCD tramite sorgenti luminose a striscia.
(fonte: www.lithium.it)

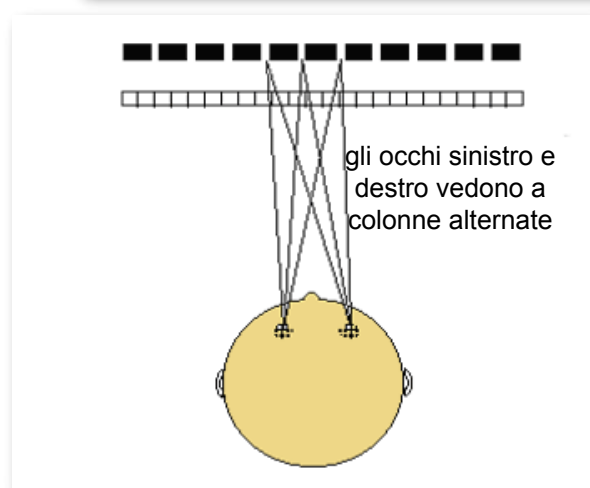



Fig. 27b – Schematizzazione del principio di funzionamento del display di fig. 27a.
(fonte: www.lithium.it)

Fig. 28 – Schermi autostereoscopici a barriera.

muoversi, ma non permettono di incrementare il numero di osservatori.

Per questo motivo si ritiene che questa tecnologia non sia adatta ad applicazioni di tipo televisivo, eccetto nei casi in cui si preveda un'utenza monoutente, come per i terminali mobili.

Analisi delle caratteristiche

La riproduzione colorimetrica offerta da questo tipo di tecnologia è quella tipica del pannello LCD su cui gli apparati sono basati.

La luminosità risulta ridotta, sia che si tratti di barriere di mascheramento reali o virtuali; nel primo caso a causa del mascheramento operato dalla barriera, nel secondo a causa della ridotta superficie emittente delle sorgenti luminose lineari.

In ogni caso si rileva il dimezzamento della definizione orizzontale del pannello, dato che questo deve visualizzare contemporaneamente due immagini costituenti la coppia stereoscopica.

Schermi autostereoscopici a microlenti

Principi di funzionamento

Sul pannello "piatto"[Nota 32] che costituisce l'apparato visualizzatore, viene sovrapposta una sottile lamina trasparente composta da lenti semicilindriche o semisferiche di piccole dimensioni[Nota 33] (figura 29), ad una distanza tale che la superficie del pannello coincida con il piano focale delle lenti.

La diffrazione della luce operata dalle lenti permette di dirigere la luce emessa dai pixel del pannello nella direzione voluta: un osservatore che si trovi esattamente di fronte allo schermo vedrà i pixel che si trovano in corrispondenza al centro di ciascuna lente, mentre un osservatore che si trovi disassato vedrà altri pixel, non corrispondenti al centro delle lenti (figura 30).

Fig. 29 – Microlenti
(fonte: http://www.lenstar.org/history/ch2.htm)

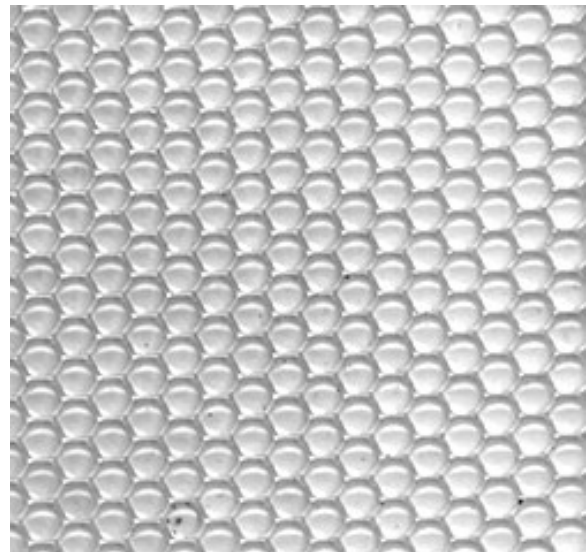
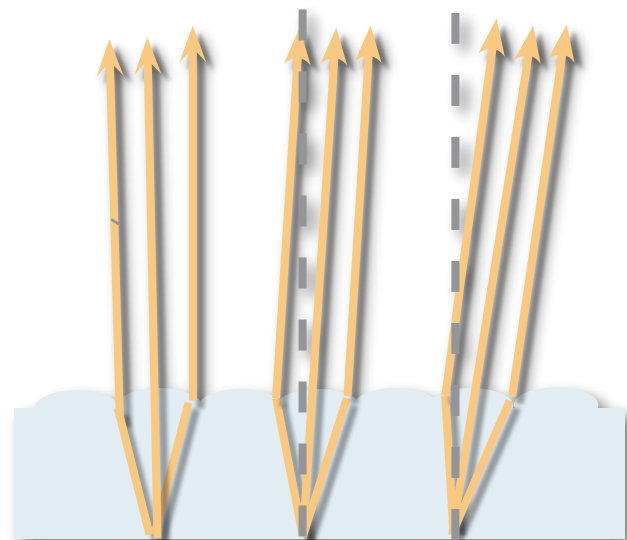



Fig. 30 – Diffrazione delle microlenti.

Nota 32 - Esistono apparati basati sia su LCD-TFT che su pannelli al plasma.
Nota 33 - Ogni lente deve coprire una matrice formata da pochi pixel (da un minimo di 5 ad un massimo 9; in questo caso potrebbero essere disposti secondo una matrice 3x3).

A causa della parallasse associata alla visione binoculare, per ogni microlente gli occhi vedono due pixel differenti. Complessivamente, quindi, ogni occhio osserva un insieme di pixel (ciascun pixel associato ad una microlente) differente dall'altro.

Associando le immagini componenti la coppia stereoscopica a questi insiemi di pixel si ottiene la visione stereoscopica (figura 31).

Per ottenere un elevato angolo di visuale di fronte allo schermo, utile per lasciare libertà di movimento all'osservatore e per una utilizzazione multiutente, si utilizzano più insiemi di pixel, posizionati sul pannello in modo che ogni insieme illumini un settore di spazio differente (figura 32).

In questo modo, ad ogni angolo di visuale si può associare un'immagine che riproduca l'oggetto osservato da quello specifico angolo di osservazione. Per questo motivo ogni insieme di pixel associato ad un settore si indica con il termine *vista*.

Tale tecnica si può adottare anche per la visione stereoscopica posto di utilizzare una coppia di insiemi di pixel per ogni vista.

Il posizionamento dei singoli pixel costituenti l'insieme di sorgenti che generano una vista viene ottimizzato di modo da ottenere una transizione graduale tra un settore di visualizzazione e quelli adiacenti (figura 33), nonché la riduzione degli effetti ottici indesiderati generati dalle microlenti (in particolare l'effetto moiré).

Ad una certa disposizione dei pixel corrisponde una disposizione o una forma particolare delle microlenti. Per esempio, in figura 34 si illustra un metodo basato su lenti semicilindriche inclinate rispetto alla verticale.

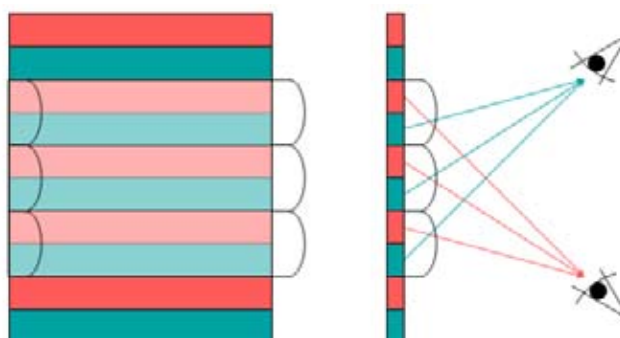



Fig. 31 – Schematizzazione della visione stereoscopica con display a microlenti.

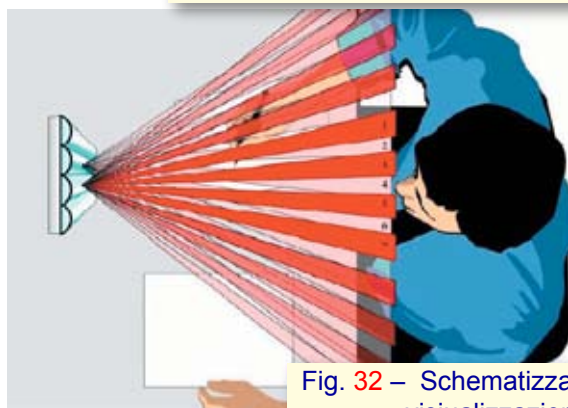



Fig. 32 – Schematizzazione della visiualizzazione a settori.

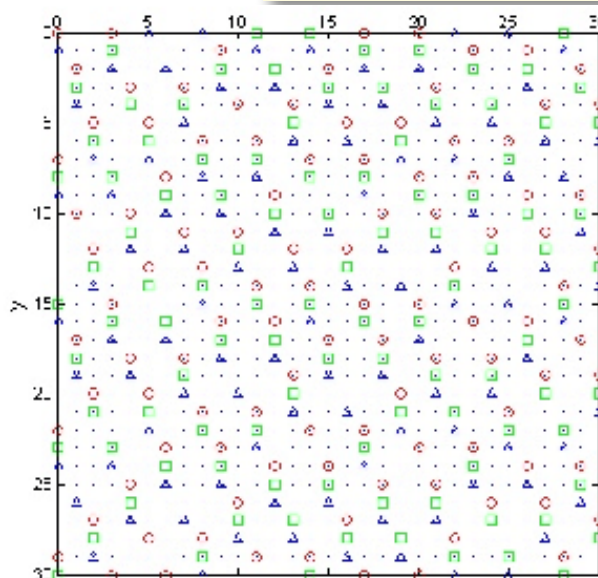



Fig. 33 – Esempio di disposizione dei pixel costituenti le viste in un display autostereoscopico a microlenti.
(fonte: iss.bu.edu/pagniel/Research/Subsampling/subsampling.html).
Il particolare tipo di posizionamento dei pixel illustrato in figura si chiama Interzigging ed è stato sviluppato dalla Stereographics Corp.

Applicazioni televisive

Attualmente questi schermi non sono adatti ad usi televisivi.

Vengono invece commercializzati per usi pubblicitari[Nota 34] e alimentati tramite apparati informatici perché l'elaborazione necessaria per generare le varie viste viene effettuata non in tempo reale in fase di generazione delle sequenze (raramente si tratta di scene dal vero) o in fase di post-produzione.

Tuttavia, questa è l'unica tecnologia di visualizzazione attualmente disponibile che offra ottime qualità fotometriche (luminosità e contrasto elevati) e ottima riproduzione colorimetrica, che sia adatta all'uso multiutente, che non richieda un posizionamento specifico dell'utente e che non necessiti di accessori da indossare da parte dell'osservatore.

In altre parole, potrebbe essere considerata la tecnologia di elezione per usi televisivi se non fosse per i problemi descritti in seguito che al giorno d'oggi la limitano ad usi diversi.

Analisi delle caratteristiche

Questa tecnica ha due problemi principali.

Il primo è che il display necessita di un numero[Nota 35] di viste superiore alle due che formano la coppia stereoscopica, il secondo è che la risoluzione dei pannelli attualmente disponibili non permette di visualizzare le singole viste con una definizione ritenuta sufficiente.

Nota 34 - Gli apparati con schermo di grandi dimensioni (all'incirca 40") sono proposti per la visualizzazione di clip pubblicitarie in grandi spazi quali aeroporti o grandi magazzini. Apparati con schermi di dimensioni inferiori (p.es. 8") sono pensati per equipaggiare distributori automatici di bibite o simili, oppure per la visualizzazione di clip pubblicitarie su mezzi pubblici (p.es. taxi).
Nota 35 - In genere si usano tra le 5 e le 9 viste. Con meno di 5 viste la visualizzazione stereoscopica avviene con un angolo di visione troppo limitato, mentre un numero di viste maggiore di 9 non si rilevano miglioramenti apprezzabili.

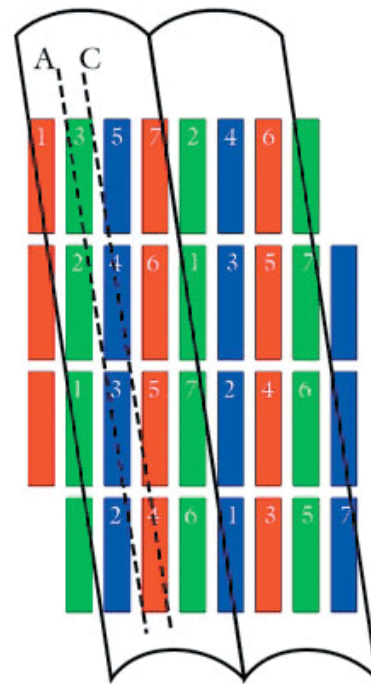



Fig. 34 – Microlenti semicilindriche inclinate.

Attualmente sul mercato esiste una famiglia di display in grado di calcolare le viste mancanti a partire da un segnale video associato ad una mappa di profondità. Questo sistema potrebbe essere di interesse nel futuro per applicazioni televisive in quanto richiede di essere alimentato con due soli segnali, ma bisognerebbe valutarne a fondo le caratteristiche poiché, almeno in teoria, è passibile di artefatti stereoscopici, in particolare il cardboard effect, i cui effetti sulla qualità soggettiva sono da valutare.

Altri display richiedono invece di essere alimentati con tutte le viste previste dalla specifica realizzazione tecnologica, eventualmente sottocampionate spazialmente per adattarle alla definizione del monitor.

In genere tali segnali sono generati con sistemi di computer grafica e adattati al monitor in fase di post-produzione. La generazione di molte viste utilizzando altrettante telecamere è un metodo evidentemente poco proponibile se non per sistemi sperimentali.

La necessità di visualizzare contemporaneamente diverse viste porta di conseguenza anche a ridurre la definizione effettiva del pannello del display. Per esempio, i sistemi basati su 9 viste usano in genere matrici di pixel di dimensione 3x3, e quindi limitano ad un terzo la definizione orizzontale e verticale del pannello adottato nel display.

Questa tecnologia potrebbe avere uno sviluppo significativo in futuro[Nota 36], in particolare se si riusciranno a sviluppare dei pannelli con un numero significativamente superiore di pixel (per esempio adatti alla Ultrahigh Definition TV), i quali permetterebbero di ottenere le diverse viste necessarie con definizione HDTV o superiore.

Si noti che gli schermi autostereoscopici a microlenti sono inerentemente adatti alla tecnologia chiamata Integral Imaging, che è una tecnica stereoscopica con diverse caratteristiche interessanti[Nota 37] che potrebbe avere uno sviluppo nel prossimo futuro.

Nota 36 - La tecnica dell'Integral Imaging ha notevoli caratteristiche positive e sembra promettente. Al momento è limitata dal numero di celle sensibili nei sensori delle telecamere e dal numero di pixel dei display.
Nota 37 - Per la quale si dovranno sviluppare anche sensori per telecamera dotati di un numero notevol-mente superiore di celle rispetto a quelli attuali.

Bibliografia

1. G.Colace, M.Muratori: "Televisione stereoscopica, le basi della tecnica stereoscopica", Elettronica e Telecomunicazioni, n. 2, Agosto 2004 (www.crit.rai.it)
2. Wikipedia – voce: "Polarizzazione della radiazione elettromagnetica", http://it.wikipedia.org/wiki/Polarizzazione_della_radiazione_elettromagnetica
3. Alonso, Finn: "Elementi di fisica per l'università – Il campi e onde", Inter European Editions
4. M.Muratori: "Tecniche di visualizzazione stereoscopica basate sulla frequenza: anàglifo e Infitec™", Elettronica e Telecomunicazioni, n. 2, Agosto 2007, (www.crit.rai.it)
5. E. Perucca: "Dizionario di ingegneria", UTET
6. Jorke, Fritz: "Infitec – A New Stereoscopic Visualization Tool by Wavelength Multiplex Imaging", Infitec GmbH (info@infitec.net)

La civiltà elettrica nel 2000

Redazionale del Radiorario del 4-11 luglio 1926

E' interessante rileggere oggi le previsioni formulate ottanta anni fa dall'ing. De Forentiis sullo sviluppo tecnologico negli anni 2000, pubblicate dal Radiorario, la guida ai programmi radiofonici.

La civiltà elettrica nel 2000

ARTISTI DELLA U. R. I.

DENTIFRICIO BLEU

CUFFIE PIVAL

Molti scrittori si sono lasciati sedurre dalla tentazione di scrutare l'avvenire, descrivendoci le future conquiste umane sulle forze della natura.

Occorre ricordare ai lettori il Verne, caro ai begli anni dell'adolescenza, o il Wells, che ci stupisce con l'originalità delle trovate e la ricchezza della fantasia?

Mi proverò anch'io a esplorare il futuro, benchè non mi nasconda le maggiori difficoltà che per me presenta l'impresa.

Prima di tutto, perchè gli scrittori che mi hanno preceduto avevano più robuste penne per il volo audace; poi perchè essi erano più al sicuro di me dal controllo dei loro lettori.

La civiltà elettrica nel 2000

Difatti per arrivare al 2000 non mancano che 74 anni scarsi, e certamente tutti i lettori dei Radio-rario, che debbono vivere almeno un altro secolo, arriveranno alla scadenza con una tale freschezza di ingegno, tenuto sempre desto dalla lettura del giornale, che si ricorderanno di quello che oggi scrivo: e se i fatti non avranno corrisposto alle previsioni farò una pessima figura.

Questo timore, naturalmente, mi preoccupa non poco, perchè è inteso che farð del mio meglio per vivere almeno quanto i miei lettori.

Userò quindi la massima prudenza nelle previsioni e cercherò di appoggiarmi il più possibile a ciò che è sicuro e certo oggi prima di arrampicarmi verso il probabile di domani.

E pensiamo prima di tutto che quando saremo nel 2000, l'industria elettrica avrà la stessa età che oggi ha la macchina a vapore.

Se ci riportiamo al 1830, quando l'entusiasmo faceva gridare al trionfo dei vapore perchè una locomotiva era riuscita a trascinare quattro vagoni a 25 Km. l'ora, e confrontiamo il risultato di allora alle moderne locomotive da 3000 cavalli ed ai transatlantici da 50.000 tonnellate che traversano l'Oceano in sei giorni; se vogliamo applicare un rapporto di similitudine alle applicazioni della energia elettrica, che uscita timidamente nel 1870 dai laboratori di fisica iniziava solo venti anni dopo il trasporto dell'energia a distanza, l'illuminazione, la radiotelegrafia, e giungere ad oggi, in cui i treni viaggiano elettricamente, ci sono alternatori da 50000 cavalli, e si ascoltano i concerti dell'America con apparecchi che entrano nel cassetto di una scrivania; se noi vogliamo misurare nel tempo avvenire il cammino con lo stesso metro del passato, dobbiamo concludere, e non per orgoglio, ma come semplice deduzione storica, che l'immaginazione del più grande romanziere sarà sempre inferiore alla realtà dei progresso scientifico.

Quali saranno le conquiste elettriche dell'avvenire?

V'è chi ha parlato di combustione del radio: Esnault Pelterie ha calcolato che l'energia contenuta in due decigrammi di tale sostanza basterebbe ad alimentare per mez-z'ora un motore di 400.000 cavalli, cið che occorre per arrivare con un vagone razzo del peso di 1000 Kg. fino alla Luna e ternare in 48 ore.

Ma purtroppo, l'utilizzazione di tale immensa energia è fuori del limite delle possibilità umane.

Poter intervenire nei fenomeni della radioattività significherebbe possedere il potere divino creativo, o cambiare le leggi immutabili della natura.

Senza soffermarci su questa i tesi seducente, ma inafferrabile, possiamo perð immaginare realizzato, nell'anno duemila, un vecchio sogno degli inventori e dei tecnici: l'accumulatore extra-leggero.

L'elettricità è un agente fisico che noi conosciamo finora assai poco, nonostante la diffusione delle sue applicazioni. Noi non sappiamo servircene che in maniera imperfetta, ne mettiamo in moto delle quantità enormi per ricavare effetti insignificanti; essa ci sfugge fra le mani, e non possiamo accumularne delle quantità importanti in spazio ristretto e con poco peso.

Nel 2000 certamente avremo risolto questo problema e insieme avremo imparato a servirci del-l'elettricità atmosferica, utilizzando questa favolosa energia che ora non sappiamo sfruttare.

Riusciti così a ... imbottigliare i fulmini, l'energia di cui disporremo sarà in tale abbondanza, che non converrà più sfruttare le miniere di carbone, i pozzi di petrolio, né bruciare la legna: le onde del mare poi vi daranno ancora dell'energia, che con accumulatori leggeri sarà spedita ovunque.

E così madonna Elettricità, libera di ogni inciampo, salirà, rapida. silenziosa. leggera, sulle automobili, che diventeranno di una semplicità infantile: un motore, un accumulatore. un albero di trasmissione.

L'aeroplano, divenuta il più comune (e sicuro mezzo di trasporto, salirà a 1,5 o 20.000 metri di altitudine, in atmosfera rarefatta, per camminare a 1 000 km. l'ora.

E la Radio? potere immaginare, o lettori. rome questa fata benefica questa amica consolatrice e benefattrice entrerà in tutte le manifestazioni della vita?

La televisione, divenuta da un pezzo. fatto compiuto, soppianterà completamente il cinematografo ed il teatro.

Il teatro sarà completamente a domicilio. Un giro di manetta, una lunghezza d'onda diversa ci consentiranno di vedere su di uno schermo lo spettacolo di qualsiasi

teatro dei mondo, a piacere, e di ascoltarne le melodie.

I giornali non esisteranno più resterà solo il Radiorario, che uscirà giornalmente in 146 pagine, coi programmi di tutto il mondo, avrà venti edizioni nei vari paesi. una tiratura complessiva di 60 milioni di copie, e sarà recapitato automaticamente agli abbonati, per via elettropneumatica.

I comizi, le conferenze, le riunioni saranno convocate a domicilio: non si uscirà più che per diporto, tanto per fare delle brevi gite en touriste o che so io il giro delle Alpi in aereoplano prima di colazione, per far venire l'appetito, oppure una scappatina fino al Capo Nord, d'estate nel pomeriggio per prendere una boccata d'aria fresca.

1 vecchi e le persone tranquille andranno in dirigibile. a passo di tartaruga: appena 500 km di media oraria.

E i due poli? diventeranno stazioni climatiche, e saranno utilizzati per l'allevamento di animali da pelliccia. Se pure sussisterà tale industria perché un elemento di accumulatore tascabile e una veste termostatica basteranno a mantenersi ben caldi.

Le ferrovie resteranno per la necessità di trasportare le materie prime pesanti e voluminose. Ma saranno elettriche, monorotaie, a velocità almeno triple delle attuali, e senza personale a bordo: le manovre saranno completamente automatiche, dirette da poche persone, in centrali-stazioni.

L'industria stessa subirà delle profonde modificazioni. Le macchine completamente automatiche, lo sviluppo della rete di trasporto e di energia, le allontaneranno dai grandi centri, ne diminuiranno il personale.

Rifiorirà quindi l'artigianato intelligente ed artistico a domicilio, e ognuno lavorerà a suo piacimento, su materie che una azienda centrale distribuirà.

Conseguenze economiche, politiche e sociali di tutto questo?

L'aumentata ricchezza e possibilità di consumo individuale, la migliore distribuzione della popolazione, la diffusione del benessere materiale e spirituale dovuta alla radio, che abolirà praticamente le lontananze e recherà i vantaggi della convivenza, dello scambio di idee e del movimento culturale e scientifico per ogni dove. Ho terminato, o amico lettore, questa breve rassegna della civiltà del 2000 che si potrà dire elettrica, e che tutto autorizza fin d'ora ritenere realizzabile.

Come ho accennato più sopra, le previsioni anno non diminuita, ma superate dalla realtà.

Si potrà però pensare che io abbia dimenticato un lato importantissimo della questione.

Che cosa sarà l'amore nell'anno 2000?

Amico lettore, e gentile lettrice, io non ho fatto previsioni in questo campo perchè esse sarebbero perfettamente inutili.

L'amore sarà allora quello che è sempre stato. fino dal tempo di Adamo ed Eva: Cupido non cambierà l'arco e le freccie con un dardo elettrico.

Questo fenomeno, che pure ha tante analogie con le radiotrasmissioni, si è sempre dimostrato refrattario ad ogni progresso.

Niente macchine, niente televisione, niente teleaudizione. Il fenomeno ondulatorio dell'amore, che impiega altissime frequenze non ha effetti pratici che a brevissime distanze.

Quando la sintonia è raggiunta. e le comunicazioni in duplo sono stabilite, i due posti emittenti tendono ad avvicinarsi con una forza che è inversamente proporzionale al quadrato della distanza. e quando la distanza è divenuta sufficientemente piccola, parte una scarica, si forma un corto circuito.

L'amore, quindi non sarà mai suscettibile di meccanizzazione, di funzionamento a distanza, di progresso materiale. resterà sempre il più arretrato e il più delizioso procedimento per contatto....

Ing. G. De Florentiis. |